Astr. U. 184 g

Lehrbuch
der
Astronomie
für Schulen
und zum Selbst-Unterricht
für gebildete Naturfreunde.

Mit deutlicher Beschreibung der vorzüglichsten astronomischen Instrumente, Beobachtungsmethoden und Versinnlichungswerkzeuge,

von

G. L. Schulze,

Pfarrer in Polenz und Ammelshayn bey Leipzig.

Zweyte, gänzlich umgearbeitete Auflage des
„Sonnen-Systems, wie es jetzt bekannt ist.“
Mit vier Kupfertafeln.

Leipzig und Sorau 1821
bey Friedrich Fleischer.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

O quam contemta res est homo, nisi supra humana surrexerit!

Seneca, Quaest. nat. L. I.

Quanto potius Deorum opera celebrare, quam Philippi aut Alexandri latrocinia.

Idem, **L. III.**

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede
zur zweyten Auflage.

Um die gegenwärtige Schrift für den doppelten Zweck, welcher, dem Wunsche des Herrn Verlegers gemäß, durch sie erreicht werden sollte, brauchbarer zu machen, mußte sie in dieser neuen Auflage um die Hälfte vermehrt, überhaupt ganz umgearbeitet werden. Nicht nur den meisten Zöglingen höherer Lehranstalten, die späterhin weder Zeit noch Gelegenheit haben, weiter ausgeführte astronomische Vorträge zu hören, sondern auch erwachsenen Personen aus gebildeten Ständen, die sich mit den wichtigsten Lehren und Wahrheiten der Sternkunde durch eigenes Studium bekannt zu machen wünschen, ist eine Kenntniß der vorzüglichsten Beobachtungs- Werkzeuge- und Methoden unentbehrlich, weil sie ohne dieselbe nie zu einer festen Ueberzeugung von der Wirklichkeit der himmlischen Bewegungen, wie sie nach dem Copernicanisch-Kepler'schen Systeme Statt finden, gelangen können. Jene Ueberzeugung aber möglichst zu begründen, und, damit dieß um so sicherer geschehen möchte, den Leser stufenweise und in einer natürlichen Ordnung (nicht aber sprungweise und nach einer ganz willkührlichen, unmethodischen Reihenfolge der Lehrsätze, wie es in so vielen astronomischen Schriften, die auf Popularität

Anspruch machen, der Fall ist) fortzuleiten, und ihn hier= durch gleichsam unvermerkt vom Scheine zur Wahrheit, und von der Betrachtung einzelner himmlischer Beobachtungen und Erscheinungen endlich zur umfassenden und hellen Ansicht des großen Ganzen, dessen Character eine der Majestät der Natur und ihres weisen Urhebers angemessene Einfachheit und Ordnung ist, zu erheben; — dieß habe ich mir wenig= stens aus allen Kräften angelegen seyn lassen. — Eine zu große Ausführlichkeit in der Darstellung astronomischer Entdeckungen und Wahrheiten überhaupt, und in der Be= schreibung der dazu dienlich gewesenen Beobachtungsmetho= den und Instrumente insbesondere hätte sich jedoch mit dem Zwecke dieser Schrift nicht vertragen; denn auf Schulen er= laubt die Menge der übrigen Lehrgegenstände nicht, sich in jener Hinsicht zu sehr ins Einzelne zu vertiefen, und selbst Liebhaber der Astronomie, so gebildet und wißbegierig sie übrigens seyn mögen, werden selten Muse und Geduld genug haben, durch ein so voluminöses Werk, wie das bekannte Biot'sche in der zweyten Auflage geworden ist (ob es gleich ein Schulbuch seyn soll!), sich hindurch zu arbeiten. Die Bemerkung eines sachkundigen Recensenten dieser, an sich allerdings sehr gehaltvollen, Schrift in der Jen. Litera= turz. (Jahrg. 1812. No. 97. S. 254.): „Für den bloßen Liebhaber wird es angenehm seyn, nur mit den wichtigen und regelmäßigen Erscheinungen bekannt zu werden, sich zu überzeugen, daß es Methoden giebt, um aus ihnen die wahren Bahnen der Planeten ꝛc. zu bestimmen, und dann die Kräfte kennen zu lernen, welche die Planeten ꝛc. in ihren

Bahnen erhalten, und von welchen die Hauptumstände der Bewegung abhängen. Hierbey wäre es gerade nicht nöthig, die Methoden darzustellen, welche für den praktischen Astronomen die bequemsten sind, sondern diejenigen, welche sich am faßlichsten darstellen lassen, wenn sie auch in der Ausübung langweilig und weniger bequem wären" — ist gewiß sehr gegründet, und hiernach bitte ich das, was in gegenwärtigem Lehrbuche der Astronomie von astron. Beobachtungsmethoden ꝛc. vorkommt, zu beurtheilen. Sehr erwünscht wird es dagegen vielen Selbstlehrlingen, vermuthlich auch manchen Schul- und Privatlehrern seyn, außer einer gründlichen Anleitung zum Gebrauche der künstlichen Himmelskugel, auch eine Abbildung und genaue Beschreibung möglichst einfacher Vorrichtungen (Maschinen), durch welche verschiedene himmlische Erscheinungen versinnlicht werden, zu finden. Diese Beschreibung, welche man vergeblich in ähnlichen Schriften sucht, habe ich mit so größerer Sorgfalt an verschiedenen Orten eingeschaltet (man sehe den Anhang zur Inhaltsanzeige), je mehr ich aus Erfahrung weiß, daß die allermeisten Anfänger, ja selbst Männer von gereifter Beurtheilung oft nicht im Stande sind, ohne zweckmäßige Veranschaulichungsmittel sich zu einer klaren Vorstellung von dem wahren Weltsysteme zu erheben. Alle Declamationen über die Wunder des Firmaments, alle Topographien des Himmels und der Gestirne, alle gemeinfaßlichen Betrachtungen über das Weltgebäude, alle Wegweiser durch den Sternenhimmel ꝛc. nützen dem Leser zu nichts, oder dienen vielleicht nur dazu, ihn in ein ungeheures Chaos hineinzuführen,

in welchem er sich nicht orientiren kann, wenn man ihm nicht vor allen Dingen die planetarischen Bewegungen unsers Partialsystems deutlich gemacht hat, wozu die Kenntniß der doppelten Bewegung der Erde und des Parallelismus ihrer Rotationsaxe gleichsam der Hauptschlüssel ist. Wenigstens zur Erlangung dieser letztern Kenntniß dürfte für sehr viele Liebhaber ein versinnlichendes Hülfsmittel, nämlich ein Tellurium, unentbehrlich seyn; und dieses werden sie sich, so wie die übrigen im Buche beschriebenen Versinnlichungswerkzeuge, leicht selbst verfertigen, oder ohne große Kosten nach meiner Abbildung und Erläuterung verfertigen lassen können.

Uebrigens muß ich bemerken, daß ich von den Elementen der Arithmetik und Geometrie etwa so viel, als in der Klügel'schen Encyklopädie, II. Th. 3. Abschnitt, enthalten ist, vorausgesetzt habe. Geringere Anforderungen konnte ich an die Leser dieses Lehrbuchs nicht machen, ohne der Würde einer Wissenschaft, die ganz auf Mathematik gebauet ist, zu nahe zu treten, und ohne in der Darstellung ihrer Grundlehren seicht und oberflächlich zu werden. Geschrieben in der Leipziger Ostermesse 1821.

Der Verfasser.

Inhaltsanzeige.

Erster Abschnitt.

Scheinbare Bewegungen der Himmelskörper.

I. Cap. Die tägliche Bewegung und die darauf sich beziehenden Kreise und Ortsbestimmungen am Himmel und auf der Erde. §. 1—21.

II. Cap. Die Fixsterne. §. 22—30.

III. Cap. Von der Atmosphäre der Erde und der astronomischen Strahlenbrechung. §. 31—35.

IV. Cap. Die Wandelsterne und ihre eigenen Bewegungen überhaupt. §. 36—39.

V. Cap. Die Sonne und ihre eigene Bewegung. §. 40—65.

VI. Cap. Der Mond und seine eigene Bewegung. §. 66—83.

VII. Cap. Sonne, Mond und Erde nach ihren gegenseitigen Abständen und Größen. §. 84—102.

VIII. Cap. Die Planeten und ihre eigenen Bewegungen insbesondere. §. 103—114.

IX. Cap. Eigene Bewegung der Nebenplaneten und der Kometen. §. 115—126.

Zweyter Abschnitt.

Wahre Bewegungen der Himmelskörper.

I. Cap. Die Axendrehung und einige andere Merkwürdigkeiten der Sonne, des Erdmondes, der Planeten, der Trabanten und der Kometen. §. 127—142.

II. Cap. Auch die Erde dreht sich um ihre Axe. §. 143—146.

III. Cap. Die Erde läuft mit den Planeten um die Sonne, und ist selbst ein Planet. §. 147—155.

IV. Cap. Parallaxe der Erdbahn und Abirrung des Lichts. §. 156—158.

V. Cap. Wahre Einrichtung des Sonnensystems. Blicke in das unermeßliche Weltgebäude. §. 159—161.

VI. Cap. Wahre Bahnen und Bewegungsgesetze der Planeten und ihrer Trabanten. §. 162—168.

VII. Cap. Wahre Bahnen der Kometen. §. 169—175.
VIII. Cap. Wahre Entfernungen und Größen der planetarischen Körper unsers Sonnensystems. §. 176—180.
IX. Cap. Physische Grundursache aller himmlischen Bewegungen. §. 181—185.

Die in dieser Schrift theils vollständig beschriebenen, theils nur angedeuteten Versinnlichungswerkzeuge sind folgende:

1) Ein Lunarium, d. h. eine Vorrichtung zur Darstellung des Mondlaufs, der Mondphasen, der Sonnen- und Mondfinsternisse ꝛc.; s. §. 67. 80. und 152. in der Anmerk.
2) Ein Tellurium, d. h. eine Vorrichtung zur Veranschaulichung der doppelten Bewegung der Erde, des Parallelismus ihrer Axe, der Entstehung der Jahreszeiten ꝛc.; s. §. 152.
3) Eine Vorrichtung zur Darstellung der Neigung und des Parallelismus der Axe der Sonne, der Lage ihres Aequators und der Bewegung ihrer Flecken zu verschiedenen Jahreszeiten ꝛc.; s. §. 128.
4) Eine Vorrichtung zur Veranschaulichung der verschiedenen Phänomene, welche der Ring des Saturnus darbietet; s. §. 122.
5) Ein Planetarium, d. h. eine Vorrichtung zur Darstellung der Bewegung der Planeten um die Sonne ꝛc. (nur angedeutet); s. §. 154. in der Anmerk.
6) Eine Vorrichtung zur Veranschaulichung der in einander verschlungenen Bahnen der 4 neuen Planeten, so wie der Neigungswinkel der übrigen Planetenbahnen gegen die Ekliptik (ebenfalls nur angedeutet); s. §. 165. am Ende.

Erster Abschnitt.

Scheinbare Bewegungen der Himmelskörper.

I. Capitel.

Die tägliche Bewegung und die darauf sich beziehenden Kreise und Ortsbestimmungen am Himmel und auf der Erde.

§. 1.

Himmel und Erde machen nach der gemeinen Meinung die Welt aus. Die Erde erscheint uns als eine unbewegliche, und wenn wir sie bey heiterer Witterung von einem erhabenen, nach allen Seiten hin die freyeste Aussicht gewährenden Standpuncte herab betrachten, als eine rund umher gleich weit ausgebreitete ebene Fläche, die sich in einen Umkreis endiget, der allenthalben mit dem Himmel zusammengrenzt, und in dessen Mittelpuncte wir uns befinden. Dieser Umkreis heißt der Gesichtskreis oder der Horizont (von ὁρίζειν, endigen, begrenzen; im Lat. finiens) und die Fläche, die er einschließt, die Horizontalfläche oder die Horizontalebene. — Vom Horizonte aus erhebt sich der Himmel allmählich nach dem Endpuncte einer geraden Linie hin, die wir in Gedanken von unserm Haupte aus in unbestimmte Weite aufwärts verlängern, und wölbt sich dadurch zu einer hohlen Halbkugel, an deren innern, nach uns zu gekehrten Fläche wir am Tage die Sonne, des Nachts aber den Mond und die Sterne (leuchtende Körper, die den gemeinschaftlichen Namen der

Himmels- oder Weltkörper, oder auch der Gestirne führen) gleichsam angeheftet erblicken (Firmament.)

§. 2.

Die jedem denkenden Menschen sich aufdrängenden Fragen: von welcher Natur und Beschaffenheit sind die Gestirne? Durch welche Eigenschaften unterscheiden sie sich von einander? Wie groß ist dieser oder jener Himmelskörper; wie weit ist er von uns oder von andern Weltkörpern entfernt? Welche Ordnung herrscht in dem unzählbaren Heere der Sterne? Welcher Zusammenhang findet unter ihnen Statt? In welcher Verbindung steht die Erde mit ihnen? Nach welchen Gesetzen bewegen sie sich? Welche Perioden halten sie in ihrem Laufe u. s. w.? — —; diese und ähnliche Fragen beantwortet die Stern- oder Himmelskunde, — eine eben so genußreiche, für Geist und Herz anziehende, [1]) als gemeinnützliche und für das öffentliche und häusliche Leben unentbehrliche Wissenschaft. [2])

Die Beschreibung der Gestirne, sowohl nach ihren natürlichen Eigenschaften, als nach ihrer Vertheilung und Lage am Himmel, macht einen besondern Theil der Himmelskunde aus, der den Namen Astrognosie, [3]) d. h. Kenntniß der Gestirne, erhalten hat. Der Theil der Sternkunde hingegen, dessen Hauptgegenstand die Untersuchung der Bewegung der Himmelskörper ist, heißt im eigentlichen Sinne Sternwissenschaft, oder Astronomie. [4]) Mit dieser beschäftigt sich auch vorzüglich die gegenwärtige Schrift.

Jahrtausende waren erforderlich, um die Himmelsbeobachter vom Scheine zur Wahrheit zu führen, [5]) und die größten, tiefsinnigsten Mathematiker, Naturforscher und Philosophen mußten alle Kräfte ihres Geistes aufbieten, um der Astronomie die Vollkommenheit zu geben, die der Kenner jetzt an ihr bewundert. [6]) Hieraus läßt sich schließen, daß die Sternwissenschaft den Sinn und den Zusammenhang ihrer erhabenen Lehren und Wahrheiten, so faßlich sie auch vorgetragen werden mögen, nur dem enthüllt, der mit reger

Wißbegierde und ernstem Nachdenken die Vorhallen ihres Tempels betritt.

Anmerk.

1) „Die Astronomie lehrt uns die Natur im Großen, die Einrichtung des ganzen unermeßlichen Weltgebäudes, und hat daher mit dem Weltall gleiche Würde, Ausdehnung und Dauer; sie allein kann uns würdige und erhabene Begriffe von Ordnung, Größe und Ewigkeit geben. Wenn es eine unsers Geistes würdige Beschäftigung ist, die Natur des kleinsten Wurmes, der kleinsten Pflanze zu untersuchen: welche Bemühung kann dann edler seyn, als den Plan zu erforschen, nach dem der Schöpfer sein großes Gebäude aufgeführt hat; das Gesetzbuch zu schreiben oder zu entziffern für die Bewegungen so vieler Millionen Weltkörper; die mannigfaltigen Abwechselungen im großen Kreislaufe der Natur auf die entferntesten Zeiten voraus zu sagen, und ihren einfachen Mechanismus zu begreifen — kurz in das Innerste des größten und heiligsten Tempels der Gottheit einzudringen! — Die übrigen Wissenschaften sind wie die Geschichte einzelner Staaten; die Astronomie ist die Weltgeschichte. Jene sind nur für einzelne Völker oder Classen von Menschen, und verlieren zum Theil mit der Zeit und bey reiferm Verstande des Menschengeschlechts ihren ganzen Werth; diese ist für jeden Bewohner der ganzen Welt wichtig, und selbst die Ewigkeit kann sie zwar ihrer Vollkommenheit näher bringen, aber ihr nichts von ihrem Werthe rauben. Sie ist das gemeinschaftliche Band, das den Erdbewohner mit den denkenden Wesen der entferntesten Milchstraße, als Verehrer derselben Wissenschaft, vereiniget. Perioden von wenigen Stunden, bis zu Perioden, die sich durch Jahrtausende messen lassen, drücken ihr das Siegel der Ewigkeit auf.“ Friedr. Theodor von Schubert's Theoretische Astronomie (3 Theile, Petersb. 1798. 4.) I. Th. Einleit. S. 3-4. Vergl. Astronomie par *Jérôme La Lande* (3 Tomes, Paris 1792. 4. Trois. Edit.) Tom. I. Préf. pag. IX. et suiv.

2) Ohne Sternkunde würde es keine richtige Zeitabmessung und Zeiteintheilung (keine Gnomonik und keine Chronologie), keine zuverläßige Kenntniß von der Gestalt und Größe der Erde, keine sichern Mittel zu genauer Bestimmung der Lage einzelner Oerter und ihrer gegenseitigen Entfernungen (keine mathematische Geographie), keine weiten Seefahrten, keine Umschiffung der Erde, keine Entdeckungsreisen (keine Nautik oder Schiffahrtskunde) ꝛc. geben. S. Büsch, Encyklopäd. der mathematischen Wissenschaften. 2. Aufl. Hamb. 1795. S. 306 ff. Wegen des genauen Zusammenhangs der ebengenannten Wissenschaften mit der Astronomie werden daher jene gemeiniglich astronomische Wissenschaften

genannt, und in vielen Lehrbüchern der Astronomie, z. B. in J. E. Bode, Erläuterung der Sternkunde ꝛc. 3. Aufl. Berlin 1808. 8. 2 Theile; in G. Sim. Klügel, Encyklopädie ꝛc. 3. Th., 3. Aufl. Berlin 1807; in *J. B. Biot*, Traité élémentaire d'Astronomie physique. Seconde Edit. 3 Tomes. Paris 1810. 8. — u. a. zusammen abgehandelt.

3) Von ἀστὴρ, das Gestirn, und γνῶσις, die Kenntniß. Das beliebteste und gründlichste Werk hierüber ist: J. E. Bode, Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels. Mit 15 Kupfertafeln und einer allgemeinen Himmelscharte. Achte verb. Aufl. Berl. 1806. 8. Liebhaber des gestirnten Himmels werden sich auch begnügen können mit dessen: Betrachtung der Gestirne und des Weltgebäudes ꝛc. Ein Auszug aus jenem größern Werke. Berlin 1816. 8.

4) Von ἀστὴρ, und νόμος, das Gesetz. — Man redet von einer theoretischen und von einer praktischen Astronomie. Diese beschäftigt sich mit wirklichen Beobachtungen, jene mit Berechnung des Beobachteten und mit einer systematischen Entwickelung und Darstellung der darauf gebaueten Lehren und Wahrheiten. Dem Theoretiker insbesondere ist eine tiefe und ausgebreitete Kenntniß der reinen Mathematik (der Analysis, der Geometrie und beyder Trigonometrieen, der ebenen und der sphärischen) und mehrerer Theile ihrer Anwendungen (als: der mathematischen Physik, der optischen und mechanischen Wissenschaften) unentbehrlich; aber auch der Praktiker kann ohne dieselbe nichts Bedeutendes leisten. Die Werkzeuge (astronomische Instrumente), deren sich dieser zu seinen Beobachtungen bedient, und die zum Theil auch dem bloßen Liebhaber nicht fehlen dürfen, sind:

a) Fernröhre, und zwar

aa) Dioptrische, die mit den gemeinen Tubis und Taschenperspectiven darin übereinkommen, daß man im eigentlichen Sinne durch dieselben hindurch sieht. Hier nur das Wesentlichste von den astronomischen Fernröhren dieser Gattung. Sie sind aus zwey Gläsern zusammengesetzt; das eine, welches das Objectivglas heißt, weil es sich an dem gegen das Object (den zu betrachtenden Gegenstand) gekehrten Ende des Rohrs befindet, hat gemeiniglich zwey erhabene Flächen. Die Strahlen, die vom Objecte kommen und beym Einfallen als parallele anzusehen sind, werden darin gebrochen, fahren aber, indem sie zur Hinterfläche herausgehen, zusammen, und vereinigen sich in der Axe, d. h. in der Mittellinie der Röhre in einem Puncte, welcher der Brennpunct heißt. Durch die Weite dieses Punctes vom Objectivglase wird die Länge des Fernrohrs bestimmt, wo man denn z. B. sagt, ein Tubus sey von 6, 8, 10 ꝛc. Fuß, je nachdem jene 6, 8, 10 ꝛc. Fuß beträgt. Ihre Vergrößerung hängt von dem Verhältniß der Brennweiten des Objectivglases und

des Oculars, d. h. des Glases, durch welches man in das Rohr hineinsieht, ab, und ist desto stärker, je kürzer diese gegen jene ist. Die im gemeinschaftlichen Brennpuncte vereinigten Strahlen setzen ihren Weg fort, indem sie sich durchkreuzen, und fallen in das Ocular (die von der rechten Seite des Objectivs kommen, auf die linke desselben, und umgekehrt), worauf sie, ohne sich wieder zu vereinigen, in das Auge kommen, und folglich darin das Object in einer verkehrten Lage vorstellen. Will man sie wieder umkehren, so muß man zwey Oculare mehr nehmen. Indeß verursacht die Umkehrung der Gegenstände nur eine geringe Unbequemlichkeit; nachtheilig ist sie aber gar nicht, weil die relative Lage aller Theile des betrachteten Objects dieselbe bleibt. Die besten astronomischen Fernröhre sind jetzt die achromatischen, d. h. farbenlosen; deswegen so genannt, weil sie vermittelst des aus drey Gläsern von zwey verschiedenen Glasmassen zusammengesetzten Objectivs die, bey einfachen Objectivgläsern Statt findende, Farbenzerstreuung aufheben, welche der Deutlichkeit schadet und das Gesichtsfeld des Rohrs, d. h. den Raum, den man damit am Himmel übersieht, verkleinert. Sie werden häufig von ihren ersten Verfertigern Dollonds oder Ramsdens genannt. Fernröhre dieser Art verdienen vor den übrigen dioptrischen auch deswegen den Vorzug, weil sie bei einer viel kürzern Röhre doch eine weit stärkere Vergrößerung als die vielmahls längern der gewöhnlichen Art bewirken. — —

bb) Katadioptrische Fernröhre (Spiegelteleskope, Reflectors. Das Wort Teleskop bedeutet eigentlich ein Fernseherohr, welcher Art es auch sey; hier aber wird es in engerer Beziehung genommen), die verschiedene Einrichtungen haben, der Hauptsache nach aber aus einem Rohre bestehen, in dessen Boden sich ein metallener Hohlspiegel von einer ungefähr kugelartigen (eigentlich paraboloidischen) Oberfläche befindet, die nach dem zu beobachtenden Gegenstande gerichtet ist, dessen einfallende Strahlen von dieser hohlen Fläche zurückgeworfen (reflectirt) und in einem Puncte zum Bilde desselben vereiniget werden. Dieses Bild wird, nach der jetzt gewöhnlichen Einrichtung, durch einen andern runden metallenen Spiegel, der gegen die Axe des Hohlspiegels unter einem Winkel von 45° gestellt ist, aufgefangen und durch den Brennpunct der Linse geworfen, durch welche das Auge dasselbe betrachtet, und die in einer Seitenöffnung der Röhre angebracht ist. Auch diese Art Fernröhre stellen die Gegenstände verkehrt dar, lassen aber Vergrößerungen zu, die durch dioptrische Teleskope nicht bewirkt werden können. — Das Nöthigste und Gemeinfaßlichste über die Theorie der Fernröhre finden Anfänger in H. W. Brandes, die vornehmsten Lehren der Astronomie, deutlich dargestellt in Briefen an eine Freundin (4 Theile; Th. I. und II. zweyte verbesserte Aufl. Leipzig bei Göschen 1816. 8.; Th. III. und IV. ebend. 1813. und 1816.), 3. Th., 2. und 3. Brief.

Umständlicher handeln davon die Lehrbücher der Optik, z. B. Klügel's analytische Dioptrik, Leipz. 1778. 8., Búrja's Anleitung zur Optik, Katoptrik und Dioptrik. Berlin 1793. 8. u. a. m.

b) Winkelmesser (Werkzeuge zur Messung größerer oder kleinerer Winkel am Himmel und an himmlischen Gegenständen), als: Quadranten, Sextanten, Octanten, mikrometrische Vorrichtungen mancherley Art ꝛc. Einiges hiervon kommt weiter unten vor.

c) Zeitmesser oder Uhren (Räderuhren, Pendeluhren, Secundenuhren, Chronometer), die einen möglichst gleichförmigen Gang haben müssen.

Eine genaue Beschreibung aller astronomischen Werkzeuge, und gründliche Anleitung zu ihrem Gebrauche findet man in den bereits angeführten Werken von La Lande und Biot und in dem Lehrbuche der Astronomie von Abel Bürja (5 Bände. 8. Berlin bey Schöne 1794—1806.), I. und II. Band. — Ein vollständiges neueres Werk über praktische Astronomie (des Monteiro-da-Rocha Mémoire, das zu Paris im Jahre 1808 aus dem Portug. übersetzt erschienen ist, läßt noch Manches zu wünschen übrig, und Rösler's Handbuch der prakt. Astronomie. 2 Theile, Tüb. 1788. 8. ist veraltet) fehlt noch. Liebhaber der Astronomie können aber mit einem mäßigen Instrumentenvorrathe viel nützliches leisten, wenn sie Darquier's Briefe über die prakt. Astronomie, aus dem Franz. übers. mit Anmerk. und Zusätzen von J. E. Scheibel, Bresl. 1791. 8. zu Rathe ziehen, und das vortreffliche, in seiner Art bis jetzt einzige Werk: Populäre Astronomie, von Fr. Th. von Schubert, 3 Theile in 8. Petersb. 1804 bis 1810. (der erste Theil enthält eine Geschichte der Astronomie und die sphärische, der zweyte die theorische, der dritte die physische Astronomie) ernstlich studiren.

5) Von dem Ursprunge, dem Alter, den Fortschritten und der allmähligen Ausbildung der Sternwissenschaft, kurz von der Geschichte der Astronomie handeln die ausführlichen Werke von Weidler (Io. Fr. W., Hist. Astron. Vitemb. 1741. 4.), Bailly (Hist. de l'Astron. ancienne, 1755. 4. und moderne, 3 Volumes. 1779-1782. 4.; Traité de l'Astron. Indienne. 1787. 4.), La Lande (Astron. Tom. I. Liv. 2. p. 75-186., und dessen Bibliographie astronomique avec l'histoire de l'Astronomie depuis 1781 jusqu'à 1802., Paris 1803. 4. p. 661-880.), Montúcla und Kästner (in der Geschichte der Mathematik), Voiron (Hist. de l'Astron. depuis 1781. jusqu'à 1811. Par. 1811. 4.) De Lambre (Hist. de l'Astr. anc. 2 Vol. Par. 1817. 4. und du moyen âge. Tom. I. Par. 1819. 4.). In Hinsicht der letzten Jahre s. man des Hrn. v. Lindenau „Versuch einer geschichtlichen Darstellung der Fortschritte der Sternkunde im verflossenen Decennio“ in der Monatl. Correspondenz zur Beför-

derung der Erd- und Himmelskunde, herausgegeben vom Freyherrn v. Zach, XXIII. Bd. Gotha 1811., im Januar- bis Mayheft, und dessen Einleitung zur „Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften, herausg. von B. v. Lindenau und J. G. F. Bohnenberger. I. Bd. Tüb. 1816. S. 13 — 123. — Eine kurze, aber treffliche Uebersicht der Geschichte der Astron. giebt *La Place* in der „Exposition du Système du Monde. 2 Tom. 4. Edit. Paris 1813. am Ende des 2. Theils, und Schubert in der popul. Astronomie I. Th. S. 1—142. — Zur astronomischen Bücherkenntniß geben Anleitung: *Jo. Frid. Weidleri* Bibliographia astronomica etc. Vitemb. 1775.; Scheibel's (nicht vollendete) astron. Bibliographie. 3 Abtheil. Breslau 1784—1789. und La Lande in dem vorhin genannten Werke. — Folgende neuere astronom. Werke (die mit * bezeichneten erfordern ein tiefes Studium und eine vertraute Bekanntschaft mit den höchsten Theilen der Mathematik) verdienen noch genannt zu werden: *C. Fr. Gauss* *, Theoria motus corporum coelestium, sectionibus conicis Solem ambientium. Hamb. 1809. 4.; *Bessel* *, Fundamenta astronomiae pro anno 1755 deducta ex observationibus viri incomparabilis *James Bradley*, in specula astron. Grenovicensi per annos 1750—1762 institutis. Regiom. 1818. Fol.; Astronomie von Bohnenberger. Tüb. 1811. 8.; *Francoeur*, Uranographie, ou Traité élement. d'Astron. Par. 1812. 8.; *La Place* *, Traité de Mécanique Céleste. 4 Tom. Par. 1799—1805. 4.; *De Lambre* *, Astronomie théoretique et pratique. 3 Tom. Par. 1814. 4.; Vieth, astron. Unterhaltungen. 2 Thle. Leipz. 1808. 8.; Epitome Elementorum astronomiae sphaerico-calculatoriae, auct. *Jo. Pasquich* P. I. Elem. theoret.; P. II. Elem. practica etc. Viennae 1811. 4.; Joh. Schön, Grundriß der gesammten theoret. Astronomie, nebst vorausgeschickter Theorie der Kegelschnitte und einiger Curven höherer Ordnung. Nürnb. 1811. 8. — Zu den vorzüglichsten astronomischen Ephemeriden und Zeitschriften gehören: Die Mailänder, jetzt unter dem Titel: Effemeridi astronomiche di Milano, calcolate da Francesco *Carlini*. Milano. 8.; die *Connoissance des Tems*, à l'usage des Astronomes et des Navigateurs. 8. à Paris.; J. E. Bode, astron. Jahrbücher, von 1776 bis 1823. 8. Berlin; dazu 4 Supplementbände von 1793. 1795. 1797 und 1808, und Erläuterungen über die Einrichtung und den Gebrauch der astron. Jahrb. 2. Aufl. Berl. 1817. 8.; von Zach, Monatliche Correspondenz ꝛc. Gotha von 1800 bis 1813. incl., zusammen 28 Bände in 8.; von Lindenau und Bohnenberger, Zeitschrift für Astronomie ꝛc. Tüb. 1816 bis 1818, zusammen 6 Bände in 8. — Zu den größten jetzt lebenden Astronomen gehören: Arago, Bessel, Biot, von Bürg, Brandes, Burkhardt, Bouvard, Bowditch (in Nordamerika), Carlini, Calandrelli, David, De Lambre, Encke, Gauß, Gerling, Harding, Herschel

(nun fast 82½ Jahr alt), La Place (La Lande st. d. 4. April 1807, und La Grange d. 13. April 1813), v. Lindenau, Littrow, Nicolai, Olbers, Oltmanns, Oriani, Pasquich, Piazzi, Plana, Pond, Santini, (Schröter, Justizrath und Oberamtmann zu Lilienthal bey Bremen, st. den 29. Aug. 1816.) von Schubert (Triesnecker st. d. 29. Jan. 1817.), Wachter, Wurm, v. Zach.

6) „L'astronomie par la dignité de son objet, et la perfection de ses théories, est le plus beau monument de l'esprit humain, le titre le plus noble de son intelligence. — — Conservons avec soin, augmentons le dépôt de ces hautes connoissances, les délices des êtres pensans.“ *La Place*, Expos. du Syst. etc. II. am Ende.

§. 3.

Die Gestirne sind in beständiger Bewegung. Die Sonne gehet des Morgens auf der Seite des Horizonts, welche Osten genannt wird, auf, durchläuft den Himmel in einem Kreisbogen, der in unsern Gegenden eine schräge Lage gegen den Gesichtskreis hat, und gehet des Abends auf der entgegengesetzten Seite, Westen genannt, unter. Der Mond und alle übrigen Sterne haben einen ähnlichen Lauf; die nach Süden, d. h. nach der Gegend des Horizonts, wo die Sonne des Mittags ihre größte Höhe erreicht, stehenden Sterne beschreiben nur kleine, die weiter davon entfernten immer größere Kreisbogen, und in Norden, d. h. in der der vorigen gegenüber (also im Rücken, wenn man mit dem Gesichte gerade nach Süden hinsieht) liegenden Seite des Horizonts ist ein Theil des Himmels, dessen Sterne den Horizont gar nicht erreichen, sondern ganze Kreise über demselben beschreiben, die immer kleiner werden, je näher sie einem Sterne, der seinen Ort gar nicht zu ändern scheint, nämlich dem sogenannten Polarsterne *) stehen. Fragt man, was bey Tage aus den Sternen werde, die man des Nachts sieht; woher diejenigen kommen, die in Osten über den Horizont heraufsteigen, und wohin diejenigen gehen, die in Westen unter denselben hinabsinken: — so giebt eine aufmerksame Betrachtung der himmlischen Erscheinungen sehr leicht die richtige Antwort. Der Glanz der Sterne verschwindet bey anbrechendem Tage in dem Maße,

als die Morgenröthe zunimmt; das Gegentheil findet nach Sonnenuntergang bey abnehmender Abendröthe Statt. Also nur deshalb hören die Sterne bey Tage auf sichtbar zu seyn, weil sie von der zunehmenden Morgenröthe und dem stärkern Glanze der Sonne überstrahlt werden. Diese höchst wahrscheinliche Erklärung wird zur Gewißheit durch den Gebrauch der Fernröhre, vermittelst deren man aus der Tiefe eines Brunnens ꝛc. mitten am hellen Tage Sterne wahrnehmen kann. — Bedenkt man ferner, daß die nördlichen Sterne gar nicht untergehen; daß diejenigen unter ihnen, deren geringe Bewegung kaum merklich ist, von den größern Bahnen anderer eingeschlossen werden; daß diese Bahnen sich immer mehr erweitern, bis man zu solchen kommt, die in ihrem niedrigsten Puncte den Horizont berühren; daß auch diese von noch größern Bahnen eingeschlossen werden, die ihnen ganz ähnlich sind, wegen ihres größern Umfangs aber zum Theil unter den Horizont fallen müssen, und daß dieser unsichtbare Theil, oder die Entfernung zwischen den beyden Puncten, wo die Sterne auf- und untergehen, immer größer wird, je mehr sie sich von jenen Sternen entfernen: so kann man nicht daran zweifeln, daß die Sterne auch unter dem Horizonte ihre Bewegung fortsetzen, und uns nur deshalb verschwinden, weil die undurchsichtige Erdfläche uns hindert, sie zu sehen; daß sie folglich eben sowohl, wie die Sterne, die nie untergehen, ganze Kreise am Himmel beschreiben, von denen aber ein Theil unter den Horizont fällt.

Anmerk.

*) Dieser so merkwürdige Stern läßt sich auf folgende Weise leicht finden. Man ziehe nach Fig. 9. Taf. I. durch die Sterne a und b, welche zu dem überaus kenntlichen, aus 7 gleich hellen Sternen bestehenden Sternbilde des großen Bären (oder des großen Himmelswagens) gehören, eine gerade Linie, und verlängere sie bis dahin, wo der erste nächste Stern P von gleicher Helligkeit steht. Dieser Stern ist der Polarstern (Polaris). Er macht nebst den beygezeichneten 6 übrigen Sternen, davon nur noch zwey, nämlich c und d, dieselbe scheinbare Größe und Helligkeit haben, eine dem großen Bären ähnliche, nur kleinere und anders gestellte Sterngruppe aus, die daher den Namen des kleinen Bären (oder des kleinen Himmelswagens) führt.

§. 4.

Die öfters angestellten Reisen um die Welt und die Erfahrungen derer, die sie gemacht haben, dienen zu einem neuen Beweise, daß die auf- und untergehenden Sterne weit jenseits des Horizonts ihre Bewegungen vollführen; daß der Himmel keinesweges gleich einem ausgespannten Gewölbe auf der Erdfläche ruhe (§. 1.), und daß diese durch eine ungeheure Kluft von dem Sternenhimmel getrennt sey. Wir müssen uns folglich das scheinbare Himmelsgewölbe als eine ganze Kugelfläche (Himmels-Sphäre) vorstellen, von welchem wir jeden Augenblick nur die eine Hälfte sehen, während die andere von dem Horizont uns verdeckt wird. An dieser Sphäre scheinen die Sterne als leuchtende, und, weil wir ihre, höchst wahrscheinlich sehr verschiedenen Abstände nach dem bloßen Augenmaße nicht schätzen können, als gleich weit entfernte Puncte gleichsam angeheftet zu seyn und durch deren Umdrehung täglich in der Richtung von Osten nach Westen um die Erde herumgeführt zu werden. Die beyden Puncte der Himmelssphäre, um welche die Bewegung geht, heißen Weltpole (von πολεῖν, drehen), der über unserm Horizont befindliche der Nordpol, der entgegengesetzte aber, welchen man sich unter dem Horizont gedenkt, der Südpol; die gerade Linie zwischen beyden ist die Weltaxe. Man sehe Taf. I. Fig. 1., wo PSpNP ein Kreis ist, durch dessen Umdrehung um die Linie Pp eine Kugel beschrieben wird, welche hier die Himmelskugel vorstellt. Pp ist die Weltaxe, P der Nord- und p der Südpol. In C, als dem Mittelpuncte der Himmelssphäre, denke man sich das Auge des Beobachters, das wegen der undurchsichtigen Horizontalebene (die Linie SN mag deren Durchschnitt bedeuten) nur die Hälfte SZN übersieht; die andere SnN liegt unter dem Horizont und ist unsichtbar.

§. 5.

Die deutlichste Vorstellung von der Bewegung ꝛc. der an der Sphäre befindlichen Sterne gewährt eine künstliche

Himmelskugel (Himmelsglobus, Globus coelestis). *) In Taf. II. Fig. 12. ist sie ihrer wesentlichen Einrichtung nach abgebildet. Das Nöthigste davon und von ihrem Gebrauche soll nach und nach angedeutet werden. Für jetzt so viel:

Die Kugel hängt vermittelst zweyer Stifte bey P und p in einem messingenen Ringe AB, dessen innerer Durchmesser etwas größer ist, als der der Kugel, so daß diese sich ohne Reibung drehen läßt. Die Stifte drehen sich mit ihr; sie können da, wo sie aus der Kugel hervorkommen, die Weltpole vorstellen, p den südlichen, P den nördlichen. An dem Stifte P ist oberhalb des Ringes, durch welchen er hindurchgeht, ein dünner Zeiger befestiget, der beym Umdrehen der Kugel einen kleinen, in 24 gleiche Theile eingetheilten messingenen Ring R (den Stundenring, oder das Zifferblatt) durchläuft. — Der große Ring AB ruhet auf einer kleinen Säule T, welche zu diesem Ende einen Einschnitt hat, so daß eine Hälfte des Ringes und der Kugel über einen andern hölzernen Reifen NS hervorragt. Dieser hat auch Einschnitte bey N'S', so daß der Ring AB in diesen Einschnitten und im Einschnitte der Säule T sich ungehindert verschieben läßt. Der Reifen NS wird von drey hölzernen Säulen getragen. Diese und die kleine Säule T stehen auf einer runden Platte MQ, oder auf irgend einer andern Grundlage. — Bey vielen Himmelskugeln findet man noch eine dünne messingene Schiene Zn in Gestalt eines Viertelkreises (Quadranten), deren oberes Ende Z an einer Art von verschiebbarer Zwinge so angebracht ist, daß das untere Ende n längst S'N' herumgeführt werden kann. — Endlich gebraucht man auch bey einer künstlichen Himmelskugel eine Boussole B', welche hauptsächlich aus einer Magnetnadel besteht, die in ihrer Mitte unterstützt ist, und mit dem einen Ende ungefähr nach Norden, mit dem andern nach Süden zeiget.

Die Sternchen auf der Oberfläche des Globus stellen Fixsterne vor (§. 22. ff.). Man muß sich aber die Kugel hohl gedenken und den Standort der Beobachtung im Mit-

telpuncte derselben; so wie von hier aus die auf der Oberfläche (die wir zu diesem Behufe als durchsichtig annehmen) abgebildeten Sterne zu sehen wären, so sehen wir sie wirklich von unserm irdischen Standorte aus an der Himmelssphäre.

Anmerk.

*) Scheibel's vollständiger Unterricht vom Gebrauche der künstlichen Himmels- und Erdkugel ꝛc. Breslau 1779. 8. und Erläuterungen und Zusätze dazu, Breslau 1785. — Ueber den Werth und großen Nutzen der Globen lese man von Zach's Monatl. Correspondenz ꝛc., Märzstück 1806. S. 286. ff. — Die Ringkugel (Sphaera armillaris) kann ebenfalls zur Veranschaulichung der scheinbaren Bewegungen am Himmel ꝛc. sehr gut gebraucht werden.

§. 6.

Die einmalige Umwälzung der Himmelssphäre um ihre Axe wird in einem Tage (Sternzeit), oder 24 Stunden vollbracht; daher der Stundenring auf dem Globus in eben so viele Theile getheilt ist. Die hieraus entstehende Bewegung der Gestirne — sie heißt die tägliche oder die gemeine — geschieht a) in Parallelkreisen, und geht b) mit der größten Gleichförmigkeit vor sich. Hiervon kann man sich durch die sogenannte parallatische Maschine überzeugen. Tafel II Figur 12*. Ein Fernrohr BO ist an einer Welle oder Axe AC so angebracht, daß es unter jedem Winkel, wie ACO, ACQ ꝛc. gegen diese geneigt werden kann. Die Welle läßt sich in jeder Lage gegen den Horizont AF auf einem Pfeiler LM so befestigen, daß sie, ohne diese Lage zu ändern, um sich selbst herumgedrehet werden kann; durch welche Bewegung das Fernrohr BO einen Kegel, und jeder Punct desselben B, so wie auch der in der Richtung des Fernrohrs liegende Punct S der Himmelssphäre, einen Kreis beschreiben wird, dessen Axe AC ist, und dessen Mittelpunct P in der verlängerten Linie AC liegt. Richtet man nun AC ungefähr auf den Pol der Himmelssphäre, und das Fernrohr OB auf irgend einen Stern S, und ändert sowohl die Lage von AC, als von OB so lange, bis das Auge in O den Stern während seines ganzen täglichen Umlaufs nicht aus dem Fern-

rohre verliert, indem man ihm durch die Umdrehung von AC beständig folgt; so ist man gewiß, daß der Stern einen Kreis STU beschrieben hat, dessen Mittelpunct P in der verlängerten Axe AC liegt. Richtet man dann, ohne die Lage der Axe AC zu ändern, das Fernrohr auf einen andern Stern, indem man es unter einem andern Winkel ACQ gegen die Axe neigt, und nun durch Umdrehung dieser letztern dem Sterne beständig folgt; so wird man auch diesen Stern nie aus dem Fernrohre verlieren: woraus folgt, daß jeder andere Stern einen Kreis am Himmel beschreibt, dessen Mittelpunct in der Axe AC liegt, daß also, weil die Lage von AC nicht geändert ist, alle Sterne Parallelkreise beschreiben, deren gemeinschaftliche Axe die Lage AC hat, in deren Verlängerung ihre Mittelpuncte liegen. Je kleiner der Winkel ACO ist, desto kleiner wird auch der Kreis, den ein Stern S beschreibt, bis endlich, wenn CO mit CA zusammenfällt, das Fernrohr B unverändert auf den Pol P gerichtet bleibt, wenn gleich die Welle umgedreht wird. Mit dem Winkel ACO wachsen auch die Kreise, welche die Sterne beschreiben, auf die das Fernrohr gerichtet ist; man findet daher den größten dieser Parallelkreise, der seinen Mittelpunct in C selbst, oder im Auge O hat, wenn ACO zu einem rechten Winkel (fast wie ACQ) wird.

Es sey nun ferner senkrecht auf die Axe AC ein in seine Grade abgetheilter Halbring stu und ein Zeiger Aa befestiget, so daß letzterer sich mit der Axe umdrehet, ersterer aber unverändert in derselben Lage bleibt. Beim Scheitel t des Ringes steht 0°, und von dort folgen die Grade rechts und links, 1°, 2°, 3° &c. Richtet man nun das Fernrohr auf irgend einen Stern, befestiget es in diese Lage, und bemerkt an einer genauen Uhr jedesmal die Zeit, wenn der Stern in der folgenden Nacht wieder im Fernrohr erscheint; so findet man, daß alle diese Zwischenzeiten von gleicher Größe sind, daß folglich alle ganzen Umläufe der Sterne in gleichen Zeiten verrichtet werden. Bemerkt man wiederum die Zeit, da der Zeiger auf t und das Fernrohr auf den Stern S gerichtet war, folgt der Bewegung des Sterns mit

dem Fernrohre, folglich auch mit dem Zeiger, und beobachtet die Zeit, wenn der Zeiger auf dem abgetheilten Halbringe stu, mithin auch der Stern in seinem Parallel STU 1°, 2°, 3°, ꝛc. durchlaufen hat; so wird man finden, daß jeder Grad in gleicher Zeit, 2 Grade in doppelter Zeit ꝛc. durchlaufen werden, daß also die Bogen sich verhalten wie die Zeiten, worin sie von den Sternen durchlaufen werden, oder in der mathematischen Sprache, daß die Bogen oder Räume den Zeiten proportional sind, folglich die tägliche Bewegung der Sterne oder der Sphäre um ihre Axe vollkommen gleichförmig ist.

§. 7.

Der größte von allen Parallelkreisen AOBW (Fig. 1.), die von den Gestirnen täglich beschrieben werden, heißt der Aequator (Gleichmacher, Gleicher); auf dem Globus (Fig. 12.) ist er durch die krumme Linie Aa vorgestellt. — Der Aequator, dessen Ebene [1]) senkrecht auf der Weltaxe steht, ist von jedem Pole 90° entfernt, und theilt die Himmelssphäre in zwey gleiche Hälften, in die nördliche APB (Fig. 1.), und in die südliche ApB.

Ein zweyter größter Kreis [2]) SONW (auf dem Globus der hölzernen Reifen SN), der die sichtbare Hälfte des Himmels von der unsichtbaren scheidet, ist der Horizont (§. 1.), dessen Ebene der Oberfläche eines stillstehenden Wassers parallel ist, und senkrecht auf der Verticallinie [3]) ZC des Beobachters steht. Z ist der Punct des Himmels gerade über dem Haupte des Beobachters, und n der ihm entgegengesetzte unter seinen Füßen. Jener heißt das Zenith oder der Scheitelpunct, dieser das Nadir oder der Fußpunct. Diese Puncte sind die Pole, und die zwischen ihnen befindliche gerade Linie ZCn die Axe des Horizonts oder des Beobachters.

Ein dritter größter Kreis PZpnP der Himmelssphäre (am Globus der messingene Ring AB) ist der Meridian oder der Mittagskreis [4]), der durch das

Zenith und die Weltpole geht, und die Himmelssphäre in die östliche und westliche Halbkugel theilt. Wenn die Gestirne bey ihrem täglichen Umlaufe den Meridian erreichen, so sind sie gerade auf der Mitte ihres Weges vom Auf- zum Untergange, und haben ihren höchsten Stand über dem Horizont erreicht, oder sie culminiren. Die Sonne steht des Mittags um 12 Uhr im Meridian, und daher hat er seinen Namen bekommen. Die eine Hälfte des Mittagskreises SZN, welche über dem Horizont liegt, heißt der obere Meridian (gemeiniglich schlechtweg und ohne Zusatz der Meridian genannt); die andere Hälfte SnN, welche unter dem Horizont liegt, der untere Meridian. Da nun die Sterne, die auf- und untergehen (§. 3.), auch in dem Theile ihres Tagekreises, der unter den Horizont fällt, in den Meridian, also in den untern, kommen; so giebt es für diese eine obere und eine untere Culmination. Doch findet dasselbe auch bey den Sternen Statt, die ihre ganzen Tagekreise über unserm Horizonte beschreiben. Ein Stern z. B., dessen Tagekreis HI ist, culminirt während seines täglichen Umlaufs einmal oben in H (diesseits des Nordpols P) und einmal unten in I (jenseits des Nordpols). — Die Ebene des Meridians steht senkrecht auf den Ebenen aller Parallelkreise und auf der Horizontalebene, und theilt nicht nur jene, sondern auch diese in zwey gleiche Hälften. — Die Durchschnittslinie SN der Ebene des Meridians mit der Horizontalfläche heißt die Mittagslinie. Der Punct S derselben ist der wahre Südpunct, und N der wahre Nordpunct am Horizont; 90° von S und N liegen der wahre Ost- und der wahre Westpunct, jener in O, dieser in W. Diese vier Puncte (Süd, Nord, Ost, West) werden die vier Hauptpuncte des Horizonts genannt, und die Gegenden des Himmels in der Nachbarschaft derselben heißen die vier Himmels- oder Weltgegenden. Ost pflegt man auch Morgen, West Abend, Süd Mittag und Nord Mitternacht zu nennen, deshalb, weil wir den Tageszeiten diese Namen beylegen, da die Sonne in Osten aufgeht, in

Süden ihre größte Höhe erreicht, in Westen untergeht, und unterhalb Norden zur Mitternachtszeit ihren tiefsten Stand hat. In der Mitte zwischen S und O liegt Süd-Ost (SO), zwischen N und O Nord-Ost (NO), zwischen N und W Nord-West (NW), zwischen S und W Süd-West (SW); ferner zwischen S und SO Süd-Südost (SSO), zwischen O und SO Ost-Südost (OSO), zwischen O und NO Ost-Nordost (ONO) ꝛc. Auf dem hölzernen Horizont der künstlichen Himmelsgloben sind alle diese Puncte (Haupt- und Nebengegenden) genau verzeichnet. In Fig. 12. findet man nur die vier Hauptpuncte bemerkt. Bey S' ist Süd, bey N' Nord, bey O Ost, und gerade gegenüber auf der andern Seite West.

Anmerk.

1) Eine Ebene ist bekanntlich eine solche Fläche, die alle gerade Linien, die sich zwischen irgend zween ihrer Puncte ziehen lassen, ganz in sich aufnimmt, gleichsam ein Gewebe, dessen Aufzug und Einschlag aus geraden Linien besteht. Um sich die Ebene eines Kreises zu versinnlichen, schneide man eine auf Papier gezeichnete Kreisfigur aus; die ganze ausgeschnittene Fläche, auf ein ganz ebenes Tischblatt ꝛc. gebreitet, ist die Kreisebene, die sie begrenzende krumme Linie die Peripherie derselben.

2) Die Ebenen der himmlischen Kreise schneiden, nach ebenfalls bekannten Lehrsätzen der Elementargeometrie, die Himmelskugel entweder so, daß sie durch ihren Mittelpunct gehen, oder so, daß sie den Mittelpunct nicht treffen; in jenem Falle heißen die Kreise größte, in diesem kleinere Kreise. So sind alle Parallelkreise an der Himmelssphäre, außer dem Aequator, kleinere Kreise.

3) Alle fallende oder frey hangende Körper nehmen die Richtung, die ein aufrecht stehender Mensch hat, nämlich senkrecht auf die Oberfläche des ruhenden Wassers, oder der Ebene, auf der wir stehen. Diese Richtung, welche eine Folge der allen Körpern eigenen Schwere (der allgemeinen Schwere) ist, heißt vertical, weil sie durch den Punct der Sphäre gerade über unserm Scheitel (vertex) geht, und lothrecht, weil sie die eines an einem Faden hangenden Loths oder Senkbleys ist. Jede Linie auf der Richtung des Loths senkrecht gezogen, ist eine Horizontallinie, oder liegt im Horizont, und jede Ebene, auf der das Loth senkrecht steht, ist eine Horizontalebene, d. h. sie berührt die Erdfläche an diesem Orte, und ist mit ihr parallel; denn eine geringe Erhöhung über der Erdfläche kommt der Erfahrung zufolge gar nicht in Betracht, sondern es

kommt hier bloß auf die Lage des Horizonts an, diese Ebene mag durch die Oberfläche der Erde, oder oberhalb derselben gelegt werden.

4) Auf der Oberfläche des Globus findet man Kreise wie Pp, gemeiniglich von 10 zu 10 Grad (nämlich auf dem Aequator, durch welche sie senkrecht gehen, gezählt), die sich alle in den Polen P und p durchschneiden. Man nennt sie uneigentlich Meridiane, eben weil sie, wie der eigentliche Mittagskreis des Ortes, durch beyde Pole gehen. Alle diese Meridiane, die man sich als mit der Sphäre verbundene, also durch verschiedene Sterne gehende Kreise vorstellen muß, schieben sich während der täglichen Umwälzung durch den Mittagskreis des Orts, der unbeweglich und von der Sphäre abgesondert, wie der messingene Meridianring am Globus, gedacht werden muß, hindurch. Dasselbe geschieht mit allen Sternen, als fixen Puncten der Himmelssphäre; daher sagt man nicht, der Meridian des Orts geht jetzt durch einen Stern, sondern, der Stern geht jetzt durch den Meridian.

§. 8.

Soll ein Himmelsglobus die himmlischen Bewegungen richtig darstellen, so muß er vor allen Dingen nach den Weltgegenden gestellt seyn. Hiezu dient die Mittagslinie oder eine Boussole (§. 5.). Hat man bereits eine gutgezogene Mittagslinie (§. 14.), so richtet man die Kugel nebst ihrem Gestelle so, daß die Ebene des messingenen Meridians mit jener Linie parallel laufe. Hat man eine im Fußgestelle des Globus eingelassene Boussole B (Fig. 12.), so erhält man die Stellung desselben mit mehrerer Genauigkeit. Auf dem Boden der Büchse, in der sich die Magnetnadel befindet, ist der Horizont mit seinen Eintheilungen vorgestellt. Auf der Grundlage MQ muß eine Linie tu gezeichnet seyn, die gerade unter dem Nord- und Südpunkt N' und S' des hölzernen Horizonts liegt. Die Boussole wird nun so gestellt, daß der Mittelpunct y der Bewegung und die Linie, die auf dem Boden der Büchse von Norden nach Süden geht, in die Linie tu fällt. Nun wird das ganze Gestelle der Kugel rechts und links gedreht, bis das nördliche Ende ys der Magnetnadel rs mit dem nördlichen Ende yu der Linie tu einen Winkel uys macht, welcher der bekannten Abweichung der Nadel (in Leipzig beträgt sie gegenwärtig etwa

18° westlich) gleich ist. Die Größe dieses Winkels wird am Bogen us erkannt, dessen Grade auf einem Ringe, welcher y zum Mittelpunct hat, und in der Büchse befestiget ist, angegeben sind.

Hat man weder Mittagslinie noch Boussole, so muß man nach dem bloßen Augenmaße die Kugel so stellen, daß die in Gedanken verlängerte Fläche des messingenen Meridians mit den ungefähr bekannten Puncten Nord und Süd des Horizonts zusammentrifft.

§. 9.

Man kann sich vorstellen, daß die Himmelssphäre von vielen Kreisen durchschnitten werde, die alle die Verticallinie des Beobachters (§. 7.) zu ihrem gemeinschaftlichen Durchschnitte und Durchmesser haben. Sie sind also größte Kreise der Weltkugel und einander gleich. Da nun die verlängerte Verticallinie auch für eine Axe der Himmelskugel gehalten werden kann (ebendas.); so schneidet jeder Kreis, der die Verticallinie zu seinem Durchmesser hat, die Ebene des Horizonts rechtwinklicht, und heißt daher vorzugsweise ein Verticalkreis, d. h. ein Scheitel- oder senkrechter Kreis. Der Umfang eines solchen Kreises geht durch das Zenith und Nadir und schneidet den Umfang des Horizonts in zwey Puncten. Auch der Meridian ist ein Verticalkreis, aber nicht alle Verticalkreise sind Meridiane. Zieht man in Gedanken durch einen Stern, oder durch den Mittelpunct der Sonne und des Mondes einen Verticalkreis, so kann man an diesem die Höhe des Gestirns beobachten. Man sagt nämlich von einem Himmelskörper, er stehe um so höher am Himmel, je weiter er über der Erdfläche, d. h. über dem Horizont erhoben; und desto niedriger, je näher er dem Horizont ist. Sein höchster Ort ist im Zenith, sein niedrigster im Horizont; eine noch tiefere Lage macht ihn unsichtbar. Zieht man also eine gerade Linie CF (Fig. 2.) nach einem Stern, und eine andere CS nach dem Horizont, so ist

der Winkel F C S, den beyde Linien im Auge machen, die Höhe des Sterns, und dieser Winkel ist der Anzahl der Grade gleich, die auf den Bogen F S des Scheitelkreises Z N S Z kommen.

Meistens pflegt man unter einem Verticalkreise nur eines der über dem Horizont befindlichen Viertel, als Z S, Z N (Fig. 2.) zu verstehen. Ein solcher Viertelskreis oder Quadrant ist die messingene Schiene Z n auf dem Globus (Fig. 12.); vergl. §. 5. Diese Schiene bewegt sich bey Z um eine Niete herum, deren Richtung von da nach T heruntergeht; weswegen der Quadrant immer in einer verticalen Ebene steht. Die Niete befindet sich zwischen dem messingenen Meridian und der Kugel, und ist an einer Art von Klammer befestiget, die sich an ersterm anschrauben läßt. Weil nun Z n ein Viertelskreis ist, und weil Z allerseits 90° von N' n S' absteht; so schließt sich das Ende n allemal an den hölzernen Horizont an, und dieses Ende kann rund um diesen herumgeführt werden.

Es sey demnach bey D (Fig. 12.) ein Stern. Man schraube den messingenen Quadranten oben im Zenith Z an, so daß N' S oder S' Z = 90°. Man drehe Z n, bis der in seine 90 Grade getheilte Rand mitten durch den Stern D geht; so ist n D, in Graden gerechnet, die Höhe des Sterns. Auf diese Art kann man auf einem Globus die Höhe eines jeden darauf gezeichneten Sternes vermittelst der messingenen Schiene leicht finden. Aber wie findet man die Höhe irgend eines Gestirns in der Wirklichkeit? Diese Frage verdient eine kurze Betrachtung.

§. 10.

Es sey in Fig. 13. ein Werkzeug, dessen Rand (Limbus) O A den vierten Theil eines Kreises ausmacht, und welches in seine 90 Grade (und Theile von Graden) eingetheilt ist. Längst des einen Halbmessers O C ist ein Fernrohr befestiget, dessen Axe (Mittellinie) mit der Linie durch den Mittelpunct C des Bogens und dem ersten Theilungspuncte in O genau

parallel seyn muß, und in dessen Brennpuncte sich ein paar Fäden kreuzen, damit das Auge das Centrum des Gesichtsfeldes bemerken könne. Am Mittelpuncte C hänget ein Bleyloth CP. Dieses Instrument heißt schlechtweg ein Quadrant (Höhenquadrant). Ungefähr am Schwerpuncte E ist hinten ein horizontaler Zapfen, der sich in einer Kapsel oder einem hohlen Cylinder mit etwas harter Reibung drehet, so daß sich der Limbus in einer Verticalfläche auf- und nieder bewegen läßt. Man richtet nun die vertical gestellte Ebene des Quadranten so, daß man einen zu beobachtenden Stern S in der Axe des Fernrohrs habe. Da der Faden des Bleyloths CP immer vertical bleibt; so ist OCP = SCZ der Winkel, welchen die Linie OCS, nach welcher das Auge O den Stern S sieht (die Gesichtslinie), mit der Verticalen CZ macht, — d. h. der Zenithabstand des Sterns. Die Größe dieses Winkels wird durch die Anzahl der Grade, Minuten ꝛc. bestimmt, welche der Theil des Limbus OP enthält. Der Winkel PCA, als das Complement zu 90°, ist gleich dem Winkel SCH, welchen die Gesichtslinie CS mit der Horizontallinie CH macht; und eben dieser Winkel ist die Höhe des Sterns S über dem Horizont Hh. — Bey der Sonne und dem Monde mißt man die Höhe des obern und untern Randes, und zieht von jener die Hälfte des Winkels ab, unter welchem der Durchmesser dieser Körper erscheint, oder addirt sie zu der Höhe des untern Randes, um die Höhe des Mittelpuncts zu erhalten.

Der Bogen des Verticalkreises, an welchem die Grade der Höhe gezählet werden, reichet allemal mit seinem untersten Ende bis an den Horizont. Der Punct des Horizonts, durch welchen er gehet, ist vom Südpuncte (§. 7.) mehr oder weniger entfernt. Diese Entfernung in Graden gerechnet, heißet das Azimuth des Sterns. Wenn also D (Fig. 12.) der Stern ist, so ist nS' sein Azimuth. Das Azimuth ist entweder östlich oder westlich und wird beyderseits bis zum Nordpuncte N', also bis 180° gezählt. — Alle Sterne, die in einem und demselben Verticalkreise stehen,

haben einerley Azimuth und müssen folglich durch ihre Höhe von einander unterschieden werden.

Zur Messung des Azimuths der Sterne dient eine besondere Vorrichtung des Quadranten, die ihm den Namen des Azimuthal-Quadranten giebt.

§. 11.

Durch Höhe und Azimuth wird die Lage eines Sterns nur für einen gewissen Augenblick bestimmt, da der Stern vermöge des Parallelkreises, den er täglich um den Pol beschreibt, seine Stellung gegen den Horizont unaufhörlich ändert. Um also den Sternen einen bestimmtern Ort an der Sphäre anzuweisen, muß man sie auf einen Kreis beziehen, gegen den sie ihre Lage nicht ändern. Hierzu hat man den Aequator gewählt. Man zieht nämlich durch irgend einen Stern H (Fig. 1.) und die Pole Pp einen Kreis PHSp, welcher den Aequator AOB in A durchschneidet. Der Bogen HA zwischen dem Sterne und dem Aequator heißt die Abweichung oder Declination, und PHSp der Abweichungs- oder Declinationskreis *) des Sterns. Die Abweichung ist nördlich (wie in der Figur), oder südlich, je nachdem der Stern für uns diesseits oder jenseits des Aequators steht. Ein Stern im Aequator hat keine Abweichung; je näher er aber dem einen Pole steht, desto größer ist sie; im Pole selbst ist sie = 90°. — Alle Sterne, die in einem und demselben Parallelkreise liegen, haben einerley Abweichung; daher muß man noch den Punct des Aequators A bestimmen, durch welchen der Declinationskreis des Sterns geht. Zu diesem Behufe hat man einen gewissen Punct des Aequators Q (er heißt der Frühlings-Aequinoctialpunct; der Grund dieser Wahl und Benennung wird sich aus §. 42. ergeben) als den ersten angenommen, von welchem an die 360 Grade des Aequators in der Richtung von West nach Ost, also nach der Folge der Buchstaben QAOBWQ, gezählt werden. Der Bogen des Aequators QA, oder die Entfernung des Punctes

A im Aequator vom Frühlingspuncte Q, nach Graden, Minuten ꝛc. gezählt, heißt die gerade Aufsteigung (Rectascension) des Sternes H. — Durch die gerade Aufsteigung und die Abweichung, oder durch die Bogen Q A und A H wird folglich die Lage eines Sternes am Himmel von der der übrigen Sterne auf eine bestimmte und dauernde Weise unterschieden.

Anmerk.

*) Die Abweichungskreise sind Meridiane (s. die Anm. zu §. 7.); aber nur derjenige von ihnen, der durch die Verticallinie des Beobachtungsorts geht, heißt vorzugsweise der Meridian dieses Orts (§. 7.).

§. 12.

Der Meridian theilt jeden Parallelkreis in zwey gleiche (§. 7.), der Horizont S N aber (Fig. 12.) alle Parallelkreise, wie c e, f d ꝛc. in zwey ungleiche Theile, wovon der über dem Horizonte liegende c g, f h der Tagebogen, und der andere g e, h d unter dem Horizonte der Nachtbogen heißt. Jeder dieser zwey Bogen wird, wie man auf dem wirklichen Globus deutlich sieht, gleichfalls vom Meridian in zwey gleiche Theile zerschnitten. Wenn der Parallel der Aequator selbst ist, so wird er vom Horizont, so wie dieser von ihm, in zwey gleiche Halbkreise getheilt. Bey jedem Gestirne also, das sich im Aequator befindet, ist der Tagebogen dem Nachtbogen gleich, oder es verweilt so lange über als unter dem Horizonte; von welchem Umstande der Aequator seinen Namen bekommen hat (aequare, gleich machen). Da nun auch der Aequator sowohl als der Horizont vor dem auf beyden senkrecht stehenden Meridian in gleiche Hälften getheilt wird; so sind die Ost- und Westpuncte O und W (Fig. 1.) mit den Durchschnittspuncten des Aequators A O B W und des Horizonts S N O W einerley; jeder im Aequator befindliche Stern geht im wahren Ostpuncte auf und im wahren Westpuncte unter, wo sein Azimuth = 90° ist.

§. 13.

Aus dem Bisherigen läßt sich leicht erweisen, daß ein jeder Stern auf beyden Seiten des Meridians, vor und nach seiner Culmination, eine gleiche Höhe erreicht. Die Beobachtung zwey solcher gleichen Höhen, die man correspondirende (übereinstimmende) Höhen nennt, ist dem Astronomen von großem Nutzen, weil der Meridian und die Zeit des Durchgangs durch denselben genau in die Mitte zwischen beyden Höhen fällt, folglich die Lage der Mittagslinie (§. 7.) und der Mittagsfläche (ebendaselbst) daraus gefunden werden kann. Man nennt den Winkel, der von dem Meridian und dem Abweichungskreise eines Sterns am Pole, wo diese beiden Kreise sich schneiden, eingeschlossen wird, den Stundenwinkel dieses Sterns, und zwar den östlichen oder westlichen, je nachdem die Beobachtung vor oder nach der Culmination, am östlichen oder westlichen Himmel gemacht ist. Diese Winkel — am Globus kann man sich dieselben vermittelst des Stundenringes R (Fig. 12.) und des Zeigers, bey gehöriger Umdrehung der Kugel, deutlich versinnlichen — ändern sich jeden Augenblick, und der eben erklärte Satz läßt sich auch so ausdrücken: zu gleichen Höhen eines Sterns gehören auch gleiche Stunden (= und Azimuthal=) Winkel.

§. 14.

Man messe nun zu beyden Seiten der Mittagsfläche, deren Lage ungefähr bekannt seyn muß, zwey verschiedene Höhen eines Sterns mit dem Quadranten, um ein paar correspondirende Höhen zu erhalten, und halbire den Winkel zwischen den Verticalkreisen, in denen die gleichen Höhen gefunden wurden; so hat man die richtige Lage der Mittagsfläche. Diese Bestimmung wird um so zuverläßiger, wenn man sie aus mehrern Paaren übereinstimmender Höhen herleitet und das Mittel aus den etwa sich ergebenden kleinen Unterschieden nimmt. Zwey verticale Fäden mit unten zuge=

spitzten Bleylothen bestimmen in dieser Lage auf einer horizontal gestellten Fläche die Mittagslinie, welche sich mittelst eines Magnetkästchens von einem Orte zum andern tragen läßt.

Auf gleichen Gründen beruhet die im gemeinen Leben gebräuchliche Methode, die Mittagslinie vermittelst des Sonnenschattens zu ziehen. Man beschreibt nämlich auf einer horizontalen Ebene (z. B. einer gut abgeschliffenen Steinplatte) aus einem willkührlichen Puncte einige Kreisbogen, und bemerkt darin Vor- und Nachmittags die Enden der Schatten, welche ein im Mittelpuncte lothrecht errichteter, oben zugespitzter, Metallstift wirft; da dann die Sonne gleiche Höhen hat, und die Halbirung der Winkel, welche die vom Mittelpuncte nach den bemerkten Puncten gezogenen Linien einschließen, die Lage der Mittagslinie giebt. Dieses Verfahren erfordert aber, wenn es nicht um die Zeit, in welche der astronomische Anfang des Sommers oder Winters fällt, angewendet wird, eine Verbesserung des Mittags, die sich auf eine genaue Kenntniß der eigenen, im V. Kapitel zu erklärenden, Bewegung der Sonne gründet; es ist aber auch noch andern Unbequemlichkeiten unterworfen, die einem sichern, zu astronomischen Zwecken brauchbaren Resultate sehr hinderlich sind.

Auf Sternwarten ꝛc. bringt man an einer mit der Mittagsfläche parallel laufenden Seite einer soliden Mauer einen Quadranten (Mauer-Quadranten) an, dessen Ebene ebenfalls mit der Meridian-Ebene zusammenfallen muß. Um den Mittelpunct desselben läßt sich ein mit Kreuzfäden versehenes Fernrohr in der Mittagsfläche auf und nieder bewegen, so daß, wenn man es auf irgend einen Stern richtet, es nicht nur den Augenblick seiner Culmination, sondern auch seine größte Höhe, oder die Mittagshöhe desselben angiebt. Zur Beobachtung der Culmination der Sterne bedient man sich auch bloß eines zwischen zwey Säulen ꝛc. beweglich angebrachten Fernrohrs, dessen Axe immer in der Mittagsfläche liegen muß; man nennt es das Mittagsfernrohr, auch Durchgangsfernrohr (Passage-

Instrument.) Die Berichtigung der Lage beyder Werkzeuge wird durch Beobachtung des Augenblicks correspondirender Höhen bewerkstelligt, zu denen man einen beliebigen Stern wählen kann. Giebt die Beobachtung an dem Fernrohre genau das Mittel beyder Zeiten, so ist das Instrument richtig gestellt, vorausgesetzt, daß die Drehungsfläche vertical ist. Z. B. ein Stern hatte um 10 Uhr 12 Min. vor, und 2 U. 16′ nach Mitternacht gleiche Höhen, so ist er 14′ nach Mitternacht durch den Meridian gegangen. Zu dieser Zeit mußte der Stern hinter dem Fadenkreuze des Fernrohrs erscheinen, wozu, wie man von selbst sieht, eine Uhr erforderlich ist, deren gleichförmiger Gang sorgfältig geprüft seyn muß.

§. 15.

Da der Nordpol des Himmels über unserm Horizonte liegt (§. 4.); so hat er eine gewisse Höhe über demselben, die man die Polhöhe nennt. Diese ist also (Fig. 1.) der Abstand des Pols P von dem Horizont N, oder der Neigungswinkel PCN der Weltaxe gegen den Horizont, dessen Maß der Bogen PN ist. — Der Bogen AS (Fig. 2.) vom Aequator A bis zu dem Horizont S herab, oder der Winkel ACS, welchen der Aequator mit dem Horizonte macht, und dessen Maß jener Bogen ist, heißt die Aequatorhöhe für den Ort C, dessen Zenith in Z ist. Da SA + AP + PN = 2 R. = 180°, aber AP = R. = 90°; so ist SA + PN = R., d. h. die Polhöhe und die Aequatorhöhe ergänzen einander zu 90°. Daher ist auch die Aequatorhöhe AS dem Abstande des Zeniths vom Weltpole ZP, und die Polhöhe PN dem Abstande des Zeniths vom Aequator ZA gleich. — Fände man die Polhöhe = 90°; so wäre der Pol im Zenith und der Aequator im Horizonte. Wäre dagegen die Polhöhe = 0; so liefe der Aequator durch das Zenith, und die Weltpole lägen im Horizonte. Im ersten Falle wäre man unter dem Pole, wo die Aequatorhöhe Null ist; im zweyten unter dem Aequator, wo dessen Höhe

am größten ist. In unsern Gegenden findet, wie wir schon aus dem Bisherigen wissen, keines von beyden Statt.

§. 16.

Die Bestimmung der Polhöhe, als eines der wichtigsten Elemente für einen gewissen Beobachtungsort (denn von jener Höhe, die sich wegen der Unbeweglichkeit der Pole nie ändert, hängt die ganze Lage der Himmelssphäre an dem gegebenen Orte ab) ist eine schwierige Aufgabe für den praktischen Astronomen. Wäre der Pol ein sinnlich-wahrnehmbarer Punct an der Himmelskugel, oder stände ein Stern genau an seiner Stelle; so dürfte man nur zu einer beliebigen Zeit dessen Höhe messen (§. 10.), die dann der Polhöhe gleich wäre. Da aber der nächste Stern, welcher daher der Polarstern heißt (§. 3.), fast um 2° vom Nordpole entfernt ist; so muß man (um andere Methoden zu übergehen) auf folgende Art verfahren:

In einer heitern Winternacht, da man die obere und untere Culmination (§. 7.) eines in der Nähe des Pols befindlichen Sterns (eines Circumpolarsterns), der also den Horizont nicht erreicht, beobachten kann, messe man am Mauerquadranten (§. 14.) seine größte und kleinste Meridianhöhe rN, RN (Fig. 2.). Das arithmetische Mittel aus beyden $\frac{rN + RN}{2} = PN$ ist die gesuchte Polhöhe, weil $rN - RN = rR$, folglich $\frac{1}{2}\,rR$ den Pol P giebt. Gesetzt also man fände $rN = 55°$ und $RN = 47°$; so ist $\frac{55 + 47}{2} = 51° = PN$, welches ungefähr die Polhöhe von Leipzig ist. — Die gefundene Polhöhe von 90° subtrahirt, giebt die Aequatorhöhe AS; sie ist für Leipzig, unter der Voraussetzung der eben bemerkten Polhöhe, 39°. — Das hier beschriebene Verfahren ist die einfachste und am leichtesten begreifliche Methode, die Polhöhe zu finden; sie bedarf aber noch verschiedener Berichtigungen, namentlich der durch die sogenannte Strahlen-

brechung verursachten Correction, wie weiter unten (§. 32.) erhellen wird.

§. 17.

Zu einem zweckmäßigen Gebrauche des Globus gehört, außer dem, was in §. 8. bemerkt worden ist, auch noch, daß er nach der Polhöhe des Orts gestellt werde. Es muß also der Bogen PN' (Fig. 12.) gerade so viel betragen, als die Polhöhe. Der messingene Meridian ist zu diesem Ende in Grade eingetheilt, die vom Pole P abwärts nach dem Horizonte N' hin, also von 0 bis 90 gezählt werden. Man verschiebe den ganzen Meridian AB in den Einschnitten bey N' S' und T, bis der Bogen PN die Polhöhe des Orts, z. B. für Leipzig 51° hat. — Die Polhöhe der vorzüglichsten Oerter ist hinlänglich bekannt, da sie, wie bald (§. 20.) gezeigt werden wird, der geographischen Breite derselben gleich ist, für diese aber genaue Verzeichnisse in vielen astronomischen und mathematisch-geographischen Schriften gefunden werden. Wer sich an einem kleinen Orte befindet, dessen Polhöhe noch nicht astronomisch bestimmt ist, der thue dieses letztere entweder selbst nach der angegebenen Methode (§. 16.), oder er nehme die bekannte Polhöhe eines benachbarten Ortes. Denn einige Meilen machen bey dem Gebrauche des Globus, wobey überhaupt auf die äußerste Genauigkeit nichts ankommt, keinen Unterschied.

§. 18.

Die Polhöhe nimmt bey uns zu oder ab, je nachdem wir weiter nach Norden oder nach Süden gehen, und zwar so, daß diese Zu- oder Abnahme in ziemlich genauem Verhältnisse zu der Größe des zurückgelegten Weges steht. Eine gleiche Erfahrung macht man in den Gegenden, wo der Südpol über dem Horizont steht. Diese Erscheinung läßt sich nur dadurch erklären, daß man annimmt: die Erde sey ein in der Richtung von Süden nach

Norden, und umgekehrt, sphärisch gestalteter Körper. Andere Umstände, namentlich 1) die Erfahrung, daß die Sonne und alle übrigen Gestirne in den weiter östlich liegenden Ländern nach einer und derselben gleichförmig fortgehenden Uhr früher aufgehen, als in den weiter westlich liegenden; 2) die öftern Umschiffungen der Erde in der Richtung von Morgen nach Abend, oder auch von Abend nach Morgen; 3) die Erfahrung der Schiffer, welche auf der offenen See von entfernten Gegenständen, denen sie sich nähern, erst die obersten, und nach und nach auch die untern Theile zu Gesichte bekommen; — diese und mehrere ähnliche Erscheinungen beweisen offenbar: daß die Erde auch in der Richtung von Osten nach Westen gekrümmt, also keineswegs eine ebene Fläche (§. 1.), sondern überhaupt ein nach allen Seiten hin abgerundeter, oder kugelförmiger Körper sey, der frey im Weltraume schwebt. Der punctirte, mit ZSnNZ concentrische Kreis TftgT in Fig. 1. stelle also die Erde vor; nur denke man sich dieselbe so klein, daß ihr Halbmesser TC gegen den Halbmesser CZ der Himmelskugel, in deren Mittelpuncte C sie zu ruhen scheint, ganz unbedeutend, und es also ziemlich gleichgültig ist, ob der Beobachter in T oder in C sich befinde. (s. unten §. 90.).

Daß von der kugelförmigen Erde nichts hinwegfällt; daß es sogar Menschen auf ihr giebt, die, so wie in T und t, f und g ꝛc. ihre Füße gegen einander kehren (man nennt sie Gegenfüßler oder Antipoden); — dieß ist eine Wirkung der Schwere (§. 7. Anm. 3.), deren Richtung allenthalben auf der Erdkugel nach ihrem Mittelpuncte hingeht. Wo man auch auf ihrer Oberfläche seyn mag; man hat überall den Mittelpunct C unter seinen Füßen, und glaubt sich (das Beispiel der Erdumsegler beweiset es unwidersprechlich) auf dem obersten Puncte der Kugel zu befinden.

§. 19.

Da die Erde eine, von der Himmelssphäre allenthalben concentrisch umgebene, Kugel ist, so trägt man die am Himmel angenommenen Kreislinien, Puncte ꝛc. auch auf jene über. *) Der Durchmesser der Erde nämlich $\pi\varphi$, (Fig. 1.) der in die Weltaxe Pp fällt, heißt die Erdaxe; π ist der Nord- und φ der Südpol. Den großen Kreis ab (es ist hier der Kleinheit der Figur wegen nur der Durchschnitt desselben vorgestellt), der überall 90° von den Polen entfernt ist, nennt man den Erdäquator, und ihn selbst sowohl, als alle mit ihm parallel liegenden kleinern Kreise, wie Tg und hi, ft und kl, Parallelkreise der Erde. Die großen Kreise durch die Pole, wie hier $\pi a \varphi b \pi$, heißen Erdmeridiane oder irdische Mittagskreise. Der Aequator und die Meridiane liegen mit den gleichnamigen himmlischen Kreisen in einer Fläche, wie die Figur deutlich zeigt; die Parallelkreise der Erde aber, z. B. hi und kl fallen mit den gleichnamigen Parallelzirkeln des Himmels HI und KL (wie sowohl diese als jene heißen, wird die Folge lehren) nicht in eine Ebene, ob sie ihnen gleich parallel sind.

Anmerk.

*) So wie man eine künstliche Himmelskugel hat, so giebt es auch eine künstliche Erdkugel (Erdglobus, Globus terrestris). Von der Einrichtung dieser letztern, welche fast eben so beschaffen ist, wie die der erstern, und von ihrem Gebrauche kann aber hier nicht weiter gehandelt werden.

§. 20.

Von den irdischen Meridianen, deren man so viele in Gedanken ziehen kann, als man will (gemeiniglich werden sie auf den Globen von 10 zu 10 Grad gezogen; welche Grade man am Aequator, den sie senkrecht durchschneiden, zählt), wird einer als der erste angenommen, z. B. der, welcher durch die Kanarische Insel Ferro geht, und genau

20° westlich von dem Meridian der Pariser Sternwarte liegt. Der Punct des Erdäquators, durch welchen dieser erste Meridian geht, wird als der Anfangspunct betrachtet, von welchem aus man die Grade des Aequators von Westen nach Osten bis 360 zählet. Will man nun die Lage eines Orts auf der Erdoberfläche auf eine bestimmte Weise angeben, so muß man zwey Elemente, die Breite und Länge desselben kennen. Die Breite eines Orts ist nämlich dessen senkrechte Entfernung vom Aequator, oder der in Graden gemessene Bogen des Meridians des Orts, welcher zwischen diesem und dem Aequator enthalten ist. Alle Oerter, die in einem und demselben Parallelkreise liegen, haben einerley Breite. Die Länge ist die Entfernung des Meridians des Orts vom ersten Meridian, in Graden gerechnet; oder sie ist der Grad des Aequators, der vom Meridian des Orts getroffen wird. Alle Oerter, die auf einerley Meridian liegen, haben eine gleiche Länge. Durch Breite und Länge wird also die Lage irgend eines terrestrischen Orts hinlänglich bestimmt, und man sieht sogleich, daß das, was am Himmel Abweichung und gerade Aufsteigung (§. 11.) heißt, auf der Erde Breite und Länge, oder, wie man sich bestimmter ausdrückt, geographische Breite und Länge ist.

Es sey T ein Ort auf der Erdkugel (Fig. 1.), so ist Ta dessen Breite. Der Bogen Ta beträgt in Graden eben so viel, als der Bogen am Himmel AZ, welcher der Polhöhe PN gleich ist (§. 15.). Die Breite eines Orts wird also bekannt, wenn man die Polhöhe desselben findet; denn beide Größen correspondiren einander. Die Breite kann nördlich seyn, wie Ta, ha, oder südlich, wie fa, ka. Die Breite der Erdpole ist = 90°, im Aequator aber ist sie Null. — Von Bestimmung der geographischen Länge kann erst weiterhin (§. 71.) die Rede seyn. Dagegen kann nun das leichteste Verfahren, die Abweichung und gerade Aufsteigung am Himmel zu finden, kurz erklärt werden.

§. 21.

Die Abweichung eines Sterns F oder G (Fig. 2.) erfährt man also: Man mißt die Mittagshöhe des Sterns F = SF im Meridian PZSp (SN ist der Durchschnitt des Horizonts, AB der des Aequators), oder des Sterns G = SG an dem Mauer-Quadranten (§. 14.). Der Unterschied der gemessenen Höhen und der Aequatorhöhe SA, die als bekannt vorausgesetzt wird (§. 16.), giebt die verlangte Abweichung AF und AG der Sterne F und G, die für F nördlich, für G südlich ist. — Ist die Abweichung eines Sterns bekannt (sie kann es nämlich durch andere Methoden, als die eben beschriebene, werden), so findet man umgekehrt aus seiner Mittagshöhe die Aequatorhöhe, und hieraus auch die Polhöhe.

Um die gerade Aufsteigung eines Sterns zu finden, muß man sie auf die bereits bekannte Rectascension eines andern Gestirns beziehen. Man beobachtet nämlich nach einer guten Pendeluhr möglichst genau die Zeit, wo beyde Gestirne durch den Meridian gehen; wozu man sich des bloßen Passage-Instruments (§. 14.) bedienen kann. Die Uhr giebt den zwischen beyden Culminationen verflossenen Zeitraum an, welchen man auf folgende Weise in Grade des Aequators verwandelt: Wenn die Uhr Sternzeit (§. 6. und 54.) weiset (die Sonnenzeit erfordert eine Reduction); so macht man die Proportion: 24 Stunden geben 360 Grade; was geben so oder so viele Stunden, Minuten und Secunden? Das Facit ist der Unterschied der geraden Aufsteigung beyder Gestirne in Graden, Gradminuten und Gradsecunden. *) Nun stelle man sich vor, daß an der beweglichen Himmelssphäre Abweichungskreise (§. 11.) gezogen sind, die senkrecht durch das Ende jedes Grades des Aequators gehen. Da alle diese 360 Kreise in 24 Stunden durch den Meridian des Beobachtungsorts gehen, so läßt sich wegen der Gleichförmigkeit der täglichen Bewegung (§. 6.) schließen, daß 24 Stunden sich zu der beobachteten Zwischenzeit verhalten, wie 360 Abweichungskreise zu so viel Kreisen, als während dieser Zeit

durch den Meridian gegangen sind, oder zu so viel Graden ꝛc. der Rectascension, als auf dem Aequator zwischen den Declinationskreisen beyder Gestirne gezählt werden. — Man nehme an, drey Sterne, A, B und C seyen auf die angegebene Weise in zwey auf einander folgenden Nächten im Meridian beobachtet worden; man habe den Unterschied der Rectascensionen zwischen B und A = 37° 51′ 59″, zwischen C und A = 136° 18′ 4″ gefunden. Setzt man nun die bekannte Rectascension von A = 75° 6′, so ergiebt sich die Rectascension von B = 112° 57′ 59″, und von C = 211° 24′ 41″. Ist also die RA. eines Sterns A bekannt, so findet man auf diese Art die RA. aller übrigen Sterne; wobey nur zu merken ist, daß der Unterschied der geraden Aufsteigung je zweyer Gestirne zur Rectascension des bekannten Sterns addirt werden muß, wenn der andere nach ihm durch den Meridian geht, subtrahirt aber, wenn der bekannte nachgeht.

Wie aber die RA. von A ausgemittelt werde, kann erst bey Erklärung des eigenen Laufs der Sonne begreiflich gemacht werden (in §. 46.)

Anmerk.

*) Eine Stunde hat, so wie ein Grad, 3600 Secunden; 24 Stunden sind also = 86400″, und 360° = 1296000″.

II. Capitel.

Die Fixsterne.

§. 22.

Da man die Declination und Rectascension sehr vieler Sterne durch genaue astronomische Beobachtungen wirklich bestimmt hat; so ist man im Stande gewesen, sie nach ihren verhältnißmäßigen Abständen auch auf künstliche Himmelskugeln, Sterncharten ꝛc. überzutragen. Hierzu können aber nur solche Sterne gewählt werden, die ihre relative

Lage gegen einander nie ändern, d. h. die Fixsterne. Bloß von diesen ist daher auch bis jetzt die Rede gewesen, und es soll nun das Eine und das Andere, was im Allgemeinen an ihnen zu bemerken ist, hier beygebracht werden.

§. 23.

Die Fixsterne, die mit bloßen Augen gesehen werden, theilt man, nach der Verschiedenheit ihres Glanzes, in mehrere Ordnungen oder Größen ein. Man hat also Sterne von der ersten, zweyten ꝛc. bis zur sechsten, ja wohl bis zur siebenten und achten Ordnung oder Größe. Diese verschiedene Größe rührt vielleicht zum Theil von der eigenthümlichen Beschaffenheit ihres Lichts, zum Theil aber auch von ihren größern oder kleinern Abständen von uns her. Selbst die anscheinlich größten Fixsterne stellen sich in stark vergrößernden Fernröhren nur als leuchtende Puncte ohne Durchmesser dar, weil diese Werkzeuge die falschen Strahlen absondern, durch die ein leuchtender Gegenstand größer aussieht, als er seiner Entfernung nach erscheinen sollte.

§. 24.

Um sich das Auffinden der einzelnen Sterne zu erleichtern, hat man sie in Gruppen oder Bilder (Sternbilder, Constellationen) eingetheilt, die entweder eine Aehnlichkeit mit gewissen Figuren, Natur- und Kunstgegenständen, Thieren, Menschen ꝛc. haben, oder bloße Geburten der Einbildungskraft sind, oder als Denkmäler zur Verewigung merkwürdiger Ereignisse, Thaten, Personen ꝛc. dienen sollen, und bald einen größern, bald einen kleinern Raum am Himmel einnehmen. [1]) Die Sterne jeder einzelnen Gruppe werden von den Astronomen mit griechischen und lateinischen Buchstaben, so wie durch Zahlen bezeichnet; auch führen viele von ihnen besondere Namen, die zum Theil arabischen Ursprungs sind, als: Syrius, Arcturus, Regulus, Wega, Antares, Aldebaran, Rigel, Algol, Atair, Fomahand ꝛc. [2])

Anmerk.

1) Zu einer genauen Bekanntschaft mit dem Fixstern-Himmel führt das in der 3. Anmerk. zu §. 2. bereits anempfohlene Werk von Bode, Anleitung zur K. d. gest. H., auf welches daher hier nochmals verwiesen wird.

Man hat Himmelscharten, die theils die ganze gestirnte Sphäre in zwey Halbkugeln, theils einzelne Theile derselben auf besondern Blättern vorstellen, als: *J. E. Bode*, Uranographia sive astrorum descriptio, viginti tabulis aeneis incisa; ex recentissimis et absolutissimis astronomorum observationibus etc. Berol. 1801. Der Text dazu in deutscher und franz. Sprache: Allgemeine Nachweisung und Beschreibung der Gestirne, nebst Verzeichniß der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Sternen, Doppelsternen, Nebelflecken und Sternhaufen, 34 Bogen in Fol. (Preis der Charten und des Textes $5\frac{1}{2}$ Frd.'or); — J. E. Bode, Vorstellung der Gestirne auf XXXIV. Kupfertafeln, nebst einer Anweisung zum Gebrauche derselben (französ. und deutsch), und einem Verzeichniß von 5877 Sternen, Nebelflecken und Sternhaufen, nach Piazzi, Herschel u. A. Neue verb. Aufl. Berl. 1805. (für Liebhaber vollkommen hinreichend), der Text in gr. 4. und die Charten in klein Querfol. (6 Thaler). Ein ganz vortreffliches Werk ist der vom Prof. Harding in Göttingen herausgegebene, aber noch nicht vollendete, neue Himmelsatlas (in Blättern, deren jedes in der Länge 24, und in der Höhe $19\frac{1}{2}$ Zoll hält), welcher den größten Theil der für uns sichtbaren Himmelssphäre, und besonders des jetzt so weit ausgedehnten Thierkreises, und alle von Piazzi, La Lande, von Zach u. s. w. und von ihm selbst gemachten Sternbestimmungen enthalten soll; vergl. die Monatl. Corresp. ꝛc. Sept. 1809. S. 269. ff., und Hardings eigene Anzeige seiner Charten ebendas. May 1808. S. 474. ff. — Fixsternverzeichnisse (außer denen, welche in den eben erwähnten Bode'schen Werken gefunden werden), sind z. B.: Histoire céleste françoise, contenant les observations faites par plusieurs astronomes françois, publiée par Jér. de La Lande. Par. 1801. (enthält den Rest der 50000 Sterne, deren erste Verzeichnisse in den Mém. de l'Acad. pour 1789. et 1790. stehen); *Giuseppe Piazzi:* Praecipuarum stellarum inerrantium Positiones mediae etc., ex observationibus habitis in specula Panormitana ab anno 1792 ad annum 1813. Panormi 1814. 50 Bogen in kl. Fol. (enthält 7646 Sterne, so wie sie in gerader Aufsteigung auf einander folgen. Ein Verzeichniß von 3166 Sternen, deren Existenz am Himmel durch neuere Verzeichnisse erwiesen ist, und 108 Sterne, die nur einmal beobachtet sind und sonst nirgends vorkommen, findet man in dem Besselschen Werke: Fundamenta Astronomiae. etc. (s. Anm. 5. zu §. 2.).

Am leichtesten und sichersten gelangt man zur ersten Kenntniß der Sternbilder ꝛc. am Himmel durch den Gebrauch des nach den Weltgegenden (§. 8.) und nach der Polhöhe (§. 17.) gestellten Globus, auf dessen Oberfläche die allermeisten Constellationen, so wie die vorzüglichsten einzelnen Sterne derselben abgebildet sind. Zu dem Ende sucht man in einem astron. Kalender (z. B. in dem sehr empfehlungswerthen, jetzt bey Wilh. Staritz in Leipz. herauskommenden „Verbess. Kalender, nach dem Leipz. Mittagskreise berechnet“) den Grad der Ekliptik (s. unten §. 47.) auf, in welchem die Sonne an dem beliebig gewählten Tage steht. Man bringt den gefundenen Grad (er kann mit Kreide bezeichnet werden) unter den messingenen Meridian, stellt den Stundenzeiger auf 12 Uhr Mittags, und drehet die Kugel von Osten nach Westen, bis der Zeiger die Stunde der Beobachtung (Abends nach Sonnenuntergang, oder später in der Nacht) weiset. Auf diese Art stehet die Kugel (man muß sie während der Betrachtung, nach Maßgabe der indeß verfließenden Zeit, weiter drehen) so, daß sie mit dem Stande der eben am Himmel sichtbaren Sternbilder ꝛc. vollkommen übereinstimmt. Durch fortgesetzte Vergleichung des Globus mit dem Himmel wird man sich ohne große Mühe an diesem orientiren und nach und nach mit allen Theilen der gestirnten Himmelssphäre vertraut werden. Gut wird es indessen seyn, wenn man sich vorher einige der merkwürdigsten Sternbilder, z. B. den großen und kleinen Bär, am Himmel zeigen läßt; denn an diese durch Anschauung erlangte Kenntniß wird sich die der übrigen Constellationen um so leichter und schneller anknüpfen.

Ein gutes Hülfsmittel zur Auffindung der kenntlichsten Fixsterne ist auch dieses, daß man sie durch gerade Linien, Dreyecke ꝛc. verbindet. Hiezu findet man Anleitung in dem Bode'schen Werke, am Schlusse jedes Monats, und eine Nachweisung auf dem 32. Blatte der kleinern Himmelscharten.

2) Ueber den Ursprung und die Bedeutung der uralten Namen der Sterne s. Ludw. Ideler, Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen ꝛc. Berlin 1809. LXXII. und 452. S. 8.; von Hammer, über die Sternbilder der Araber und ihre eigenen Namen für einzelne Sterne, in den Fundgruben des Orients ꝛc. Wien 1809. Bd. I. S. 1. ff. Im II. Bd. 3. Heft S. 235. ff. stehen Ergänzungen zu Idelers Werke, und Fragmente zur Erläuterung der Arab. Sternnamen, von Ideler selbst.

§. 25.

Die berühmtesten Sternbilder sind die des sogenannten Thierkreises, (Zodiakus, von ζῴδιον, das Thier) welcher einen um die ganze Himmelssphäre in schräger Rich-

tung gegen den Aequator herumlaufenden, etwa 16 bis 20° breiten Streifen einnimmt, durch den die wandelnden Sterne (s. das folg. Cap.) ihren Lauf vollführen. Ihre Namen, nebst den ihnen beygegebenen hieroglyphischen Zeichen, sind bekanntlich diese:

1. Widder	♈	7. Wage	♎
2. Stier	♉	8. Scorpion	♏
3. Zwillinge	♊	9. Schütze	♐
4. Krebs	♋	10. Steinbock	♑
5. Löwe	♌	11. Wassermann	♒
6. Jungfrau	♍	12. Fische	♓

In diesen Sternbildern *) sind als einzelne Sterne bemerkenswerth: 1) im Widder: zwey kenntliche Sterne am Kopfe, welche nahe beysammen stehen. Der hellste davon, ein Stern 2. Größe, steht vorn an der Stirn, und der andere, von der 3. Gr., am Horn oder Ohre des Widders; 2) im Stier: die Plejaden oder das Siebengestirn, ein Häuflein kleiner, dicht beysammen stehender Sterne, — Aldebaran, ein heller St. 1 Gr., als das südliche Auge des Stiers, — die Hyaden, 4 Sterne 3. Gr. am Kopfe des Stiers, welche mit dem Aldebaran die Figur des Buchst. V bilden; 3) in den Zwillingen: Castor und Pollux, Sterne der 2. Gr., an den Köpfen, und Propus, von der 3. Gr., an den Füßen der Zwillinge; 4) im Krebse: die Krippe, aus einer ziemlichen Zahl kleiner Sterne bestehend, und nord- und südwärts davon 2 Sterne 4. Gr., der nördliche und südliche Esel genannt; 5) im Löwen: Regulus, das Löwenherz, von der 1. Gr., und Denebola, ein Stern von der 2. Gr.; im Schwanze, welche beyden Sterne mit zwey andern von der 2. Gr., die am Rücken stehen, ein Trapezium bilden, an dem dieses ganze Sternbild leicht zu erkennen ist; 6) in der Jungfrau: Spica oder die Kornähre, von der 1. Gr., — Vindemiatrix, oder die Weinleserin, von der 3. Gr., am nördlichen Flügel; 7) in der Wage: 2 Sterne 2. Gr., Zubeneschemali, Zubenelgenubi, in den beyden

Schalen der Wage; 8) im Scorpion: Antares, im Herzen, welcher mit einem röthlichen Lichte glänzt; 9) im Wassermann: Fomahand, von der 1. Gr.

Anmerk.

*) Man hat von ihnen die bekannten Verse:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Schöner besingt sie *Manilius* in seinem Astronomicon I, 263. ff. und *Ge. Buchananus Scotus*, de Sphaera III, 120. sqq.

§. 26.

Die Alten hatten außer den 12 Sternbildern des Thierkreises noch 36 Constellationen, und zwar 21 nördlich und 15 südlich von denselben; also zusammen 48. Hiezu sind nach und nach bis auf die gegenwärtigen Zeiten noch eine große Zahl neuer gekommen, von denen hier diejenigen, welche in unsern Gegenden sichtbar sind, in der Ordnung stehen sollen, wie sie ungefähr in der geraden Aufsteigung, also von Westen nach Osten, auf einander folgen, vom ersten Grade des Aequators an gerechnet. Die etwa vorzüglich bemerkenswerthen einzelnen Sterne sind bey den Sternbildern, zu denen sie gehören, in Klammern eingeschlossen, angegeben.

I. Nördliche Sternbilder.

1) Cassiopeja. 2) Andromeda (3 Sterne 2. Gr. in einer von Osten nach Westen gehenden Linie, und fast gleich weit, jedoch in einiger Entfernung von einander. Der westliche steht am Kopfe, der mittlere, Mirach genannt, im Gürtel, der östliche, der Alamak heißt, am Fuße). 3) Der große und der kleine Triangel. 4) Perseus (Algenib und Algol, von der 2. Gr.) 5) Der Camelopard. 6) Der Fuhrmann (Capella, 1. Gr.) 7) Der Luchs. 8) Der kleine Löwe. 9) Der große Bär (7 helle Sterne der 2. Gr., Dubhe,

Alioth, Mizar, Benetnasch ꝛc.). 10) Der Drache. 11) Das Haupthaar der Berenice. 12) Die Jagdhunde. 13) Bootes oder der Bärenhüter (Arcturus, 1. Gr.). 14) Der Berg Mänalus. 15) Die nördliche Krone (Gemma, 2. Größe). 16) Der kleine Bär (7 kenntliche Sterne, darunter 2 von der 2. Gr., zu denen der Polarstern gehört). 17) Hercules. 18) Die Schlange des Ophiuchus. 19) Ophiuchus, oder der Schlangenträger. 20) Die Leyer (Wega, 1. Gr.). 21) Der Adler (Atair, 1. Gr.) 22) Antinous. 23) Das Sobieskische Schild. 24) Der Pfeil. 25) Der Fuchs mit der Gans. 26) Der Schwan (Deneb, 2. Gr.). 27) Der Delphin. 28) ~~Das~~ Füllen. 29) Pegasus (3 Sterne 2. Größe, Algenib, Markab, Scheat. 30) Die Eidexe. 31) Cephcus.

II. Südliche Sternbilder.

32) Der Wallfisch (2 Sterne 2. Gr., Menkar und Deneb-Kaitos; Mira, am Halse, ein veränderlicher St.). 33) Der Eridanus Eridan-Fluß). 34) Der Orion, das schönste Sternbild am Himmel, an vielen hellen Sternen ungemein kenntlich. Der Aequator geht mitten durch dasselbe (Beteigeuze und Rigel, 1 Gr.; Bellatrix, 2. Gr.; der Gürtel des Orion, oder der Jacobsstab, 3 Sterne 2. Gr. in einer schrägen Linie, gleich weit von einander. 35) Der Hase. 36) Der große Hund (Sirius, der hellste Stern am Firmament). 37) Das Einhorn. 38) Der kleine Hund (Procyon, 1. Gr.). 39) Das Schiff Argo. 40) Die Wasserschlange (Alphard, 2. Gr.). 41) Der Becher. 42) Der Rabe. 43) Die Luftpumpe. 44) Der Sextant. 45) Der Centaur. 46) Der Wolf. 47) Der mittägige oder große Fisch (Famahand, 1. Gr.). 48) Das Mikroskop.

III. Noch einige neuere, in unsern Gegenden ganz, oder zum Theil sichtbare Sternbilder.

49) Das Rennthier. 50) Der Aerntehüter. 51) Der Mauerquadrant. 52) Friedrichs-Ehre. 53) Herschels Teleskop. 54) Die Georgsharfe. 55) Das Brandenburgische Scepter. 56) Der Poniatowskysche Stier. 57) Der Vogel Einsiedler. 58) Der Luftballon. 59) Die Buchdrucker-Werkstatt. 60) Die Katze. 61) Der Schiffscompas mit der Logleine. 62) Die Bildhauer-Werkstatt. 63) Die Elektrisir-Maschine. 64) Der chemische Apparat. 65) Der Grabstichel. 66) Das Teleskop. 67) Die Taube.

Am südlichen, für unsere Gegenden nicht sichtbaren Himmel haben neuere Beobachter unter andern gebildet: 68) Den Indianer. 69) Den Kranich. 70) Den Phönix. 71) Die Biene. 72) Den südlichen Triangel. 73) Den Paradiesvogel. 74) Den Pfau. 75) Die Americanische Gans. 76) Den Schwertfisch. 77) Den fliegenden Fisch. 78) Das Chamäleon. 79) Das Kreuz. 80) Die Pendel-Uhr. 81) Das Rhomboidische Netz. 82) Die Mahler-Staffelei. 83) Den See-Octanten (steht dem Südpol am nächsten. 84) Den Cirkel (das Instrument). 85) Das Lineal und Winkelmaß. 86) Den Tafelberg.

Es beträgt also die Anzahl aller bis jetzt gebildeter Sterngruppen etwa 100.

§. 27.

Da der Aequator ein so wichtiger Kreis an der Sphäre ist, so muß es schon dem bloßen Liebhaber der Astronomie erwünscht seyn, zu wissen, wo man ihn am wirk-

lichen Himmel, d. h. bey und zwischen welchen Sternen man ihn suchen soll. Er geht nämlich vom Frühlingspuncte des Aequators ganz nahe bey α der Fische, zwischen γ und δ und unter α des Wallfisches vorbey, über den Eridanus weg, durch den nördlichsten Stern im Gürtel des Orion, durch das Einhorn, unter dem kleinen Hunde, über das Herz der Wasserschlange, durch den Sextanten, durch die Hinterklauen des Löwen, durch η bey der Jungfrau, in der Mitte zwischen δ und ϑ, desgleichen in der Mitte zwischen der Kornähre und der Schnitterin bey ε, über die Wage vorbey, in der Mitte zwischen β und ζ des Schlangenmannes, durch η des Antinous, in der Mitte zwischen den höchsten Sternen des Delphins und des Steinbocks, unter dem kleinen Pferde, durch den Kopf des Wassermanns, zwischen Pegasus und dem Kruge des Wassermanns, in der Mitte zwischen ζ des Pegasus und δ im Wasser des Wassermanns, unter γ der Fische, endlich von hier wieder zum Frühlingspuncte. — Wer den nördlichsten Stern im Gürtel des Orion von seinem Aufgange bis zum Niedergange verfolgt, der hat in der Spur, welche dieser Stern durch seinen Lauf gleichsam an der Sphäre zurückläßt, eine sinnliche Vorstellung von der wirklichen Lage des Aequators gegen den Standpunct der Beobachtung und gegen den Horizont.

§. 28.

Zu den erhabensten Gegenständen am Firmament gehört die sogenannte Milchstraße, welche die ganze Himmelssphäre, beynahe nach der Lage eines größten Kreises, als ein lichtschimmernder Streifen umgiebt. Sie geht durch folgende Sternbilder: Cassiopeja, Perseus, einen Theil des Fuhrmanns, den östlichen Arm des Orions, die Füße der Zwillinge, Einhorn, Schiff, Argo, die Füße des Centaurus, das Kreuz, südliche Dreyeck, den Altar, den Schwanz des Scorpions, Bogen des Schützen, den östlichen Theil des Ophiuchus,

das Sobieskische Schild, Schwanz der Schlange, Adler, Pfeil, Fuchs mit der Gans, Schwan, Kopf des Cepheus bis wieder zur Cassiopeja. — Der Nordpol derselben liegt nahe über dem Haupthaare der Berenice nördlich, der Südpol auf einem der Vorderschenkel des Wallfisches. Im Schiffe Argo ist ihr Glanz am lebhaftesten und zugleich ihre Breite am geringsten. Vom Schützen bis zum Schwane erscheint sie am breitesten, und von hier bis etwa auf ein Drittheil ihres Umfangs theilt sie sich in zwey Arme, die im Scorpion, oberhalb des Altars, sich wieder vereinigen.

§. 29.

Als Merkwürdigkeiten am Fixstern-Himmel verdienen noch erwähnt zu werden:

1) Doppelsterne, d. h. zwey oder mehrere Sterne, die, durch stark vergrößernde Fernröhre betrachtet, ganz nahe bey einander stehen, aber in schwächern Sehewerkzeugen und dem unbewaffneten Auge nur als ein einziger Stern erscheinen. Zu ihnen gehört z. B. Mizar, der mittlere im Schwanze des großen Bären, γ im Widder und in der Jungfrau, Castor, α im Hercules ꝛc.

2) Veränderliche Sterne, d. h. a) solche, die eine periodische, zum Theil in einen kurzen Zeitraum eingeschlossene, Ab- und Zunahme ihres Glanzes erleiden, z. B. Algol am Kopfe der Medusa, η im Antinous, δ am Kopfe des Cepheus, χ am Halse des Schwans ꝛc.; b) solche, die jetzt ein schwächeres, wie δ, der vierte Stern im Viereck des großen Bären zunächst am Schwanze, oder ein stärkeres Licht haben als vormals, wie Atair im Adler; c) solche, die entweder von ältern Astronomen beobachtet worden sind, und jetzt vermißt werden, oder umgekehrt; d) solche, die man bisweilen plötzlich erscheinen, und nachher gänzlich wieder hat verschwinden sehen (man nennt sie neue Sterne), z. B. ein heller Stern in der Cassiopeja, der im Nov. 1572 sichtbar ward, im März 1574 aber sich den Augen völlig entzog.

3) Nebelsterne, dem Anscheine nach einzelne Sterne, aber in eine nebelartige, mehr oder weniger glänzende Materie eingehüllt.

4) Nebelflecken, verschieden gestaltete, dem weißen Schimmer der Milchstraße ähnliche Massen, von denen sich namentlich der am Gürtel der Andromeda dem bloßen Auge deutlich zeigt.

§. 30.

Die Zahl der mit bloßen Augen sichtbaren Sterne ist so groß nicht; sie beläuft sich, wenn man die von der 5. und 6. Größe noch mit dazu rechnet, auf etwa 5000. Aber mit bewaffneten Augen sieht man, nach Beschaffenheit der zur Beobachtung gebrauchten Fernröhre, eine hundert bis tausend, ja mehrere tausendmal größere Menge derselben. Denn auch die Milchstraße, ja selbst viele Nebelflecken (die wahrscheinlich Milchstraßen sind, aber wegen ihrer unermeßlichen Entfernung sich dem Auge nur als kleine Lichtwölkchen zeigen) lösen sich, durch stark vergrößernde Teleskope betrachtet, zum Theil in Sterne auf. So fand Herschel durch sein zwanzigfüßiges Spiegelteleskop auf einem Raume von $\frac{1}{4}^{o}$ Weite gegen 600 Sterne, so daß auf einen viermal größern, d. h. der doppelten Vollmond-Scheibe gleichen Raum auf 2400 kamen. Die Zahl der vom Kopfe des Schwans bis zu dem hellen Sterne auf der Brust stehenden Sterne schätzte eben dieser große Beobachter auf wenigstens 330000. Nimmt man nun an, daß die Teleskope noch immer zu größerer Vollkommenheit gebracht werden können, daß noch nicht alle Theile der Milchstraße, noch weniger alle Nebelflecken (es sind deren bis jetzt über 2000 entdeckt worden) mit unsern jetzigen Sehewerkzeugen sich in Sterne auflösen lassen; daß man wahrscheinlich von Zeit zu Zeit noch neue Sternhaufen und Nebelflecken entdecken wird, die in unergründlichen Fernen hintereinander liegen: so findet man es glaublich, daß die Zahl der Fixsterne unendlich größer sey, als die Menge des Sandes am Meere.

III. Capitel.

Von der Atmosphäre der Erde und der astronomischen Strahlenbrechung.

§. 31.

Aus der Physik ist bekannt, daß die von einem leuchtenden Körper herkommenden Lichtstrahlen, ob sie gleich von diesem in geraden Linien ausgehen, gebrochen, oder von ihrem geradlinigten Wege abgelenkt werden, wenn sie schräg aus einem Mittel in ein anderes übergehen; daß wir also in diesem Falle die Gegenstände nach einer andern Richtung sehen, als wir sie ohne diese Brechung (Refraction) sehen würden. Es ist daher der Mühe werth zu untersuchen, ob nicht auch die von den Himmelskörpern ausgehenden und in unser Auge gelangenden Lichtstrahlen eine solche Brechung erleiden, und ob nicht hierdurch eine scheinbare Verrückung des wahren Orts der Gestirne bewirkt wird. Dieß ist allerdings der Fall. Unsere Erde ist nämlich rund umher von einer feinen, flüssigen, elastischen und durchsichtigen Materie umgeben, welche die Luft, und wegen ihrer Form und der darin schwimmenden Dünste der Luft- oder Dunstkreis (Atmosphäre, von ἀτμὸς, der Dunst, und σφαῖρα, die Kugel) genannt wird. — Die Luft ist, so wie jeder andere Körper, schwer, und der Druck der Atmosphäre hält im Mittel einer Queckfilbersäule des Barometers von 28 Par. Zoll, an der Oberfläche des Meeres, das Gleichgewicht. Unter diesem Drucke und bey der Temperatur des schmelzenden Eises verhält sich die specifische Schwere der Luft zu der des Queckfilbers wie 1 zu 10477,9; mithin würde, wenn die Atmosphäre durchaus einerley Dichtigkeit hätte, ihre Höhe 28 . 10477,9 Zolle, d. i. 24448 Pariser Fuß betragen. Die Dichtigkeit der Luft ändert sich aber, vermöge des sogenannten Mariottischen Gesetzes, *) sehr nahe dem Drucke oder den Barometerhöhen proportional; folglich müssen bey einerley Temperatur die untern

Schichten der Atmosphäre dichter seyn, als die obern, deren Gewicht die erstern zusammendrückt. So wie man sich in der Atmosphäre erhebt, werden sie dünner und dünner; und wenn sie durchaus einerley Temperatur hätten, so würden ihre Dichtigkeiten, mithin auch die Barometerhöhen in einer geometrischen Progression abnehmen, wenn die Höhen über der Erdoberfläche in einer arithmetischen Progression wachsen. Auf der andern Seite wird die Luft durch die Wärme ausgedehnt und zieht sich bey der Kälte wieder zusammen, so daß die Räume, welche sie bey der Temperatur des unter einer Barometerhöhe von 28 Par. Zoll siedenden Wassers und der des schmelzenden Eises einnimmt, sich verhalten wie 1,375 : 1, oder wie 11 : 8. Die in den obern Theilen der Atmosphäre herrschende Kälte wird also die Dichtigkeiten der obern Schichten wieder vermehren, und vielleicht der Atmosphäre Grenzen setzen, welche nicht Statt finden würden, wenn jenes Gesetz nach aller Schärfe wahr wäre, und sie durchaus einerley Temperatur hätte. Da das Gesetz der Wärmeabnahme in der Atmosphäre unbekannt, und beständigen Veränderungen unterworfen ist; so ist es nicht möglich, das Gesetz, nach welchem die Dichtigkeit der Luft sich mit der Höhe wirklich verändert, zu bestimmen. Den Beobachtungen zufolge nimmt mit einer Erhöhung von 20,000 Par. Fuß über die Oberfläche der Erde die Wärme um 30 Grade des Reaumürschen Thermometers, im Mittel genommen, ab.

Anmerk.

*) Man s. die Naturlehre in Klügel's Encyklopäd. II. Th. S. 236.

§. 32.

Die von den Gestirnen uns zugesendeten Lichtstrahlen müssen, ehe sie unser Auge erreichen, durch die Atmosphäre unserer Erde gehen; diese hat aber die Eigenschaft, sie nach demselben Gesetze, wie alle übrigen durchsichtigen Körper, zu brechen, so nämlich, daß sie, weil sie aus einem dünnern Medium, dem Aether, kommen, dem

Perpendikel in dem Einfallspuncte auf die Fläche zwischen beyden Mitteln (der Luft und dem Aether) genähert werden. Der gebrochene Strahl bleibt in der Ebene des einfallenden Strahls und des gedachten Perpendikels. *)

Es sey nun AB (Fig. 14.) ein Theil der Erdoberfläche, GDMBAG der oberhalb desselben befindliche Theil der aus vielen concentrischen Schichten ab, cd, ef u. s. w. bestehenden Atmosphäre, C der Mittelpunct der Erde, ZAC die Scheitellinie des Ortes A. In der Ebene eines durch den Stern S gehenden Verticalkreises falle ein Lichtstrahl SD aus dem Aether schief auf die äußerste Grenze der Atmosphäre in D auf; so wird er in D nach dem Einfallslothe FD, der Verlängerung des Halbmessers DC, hin gebrochen werden, und in der Brechungsebene durch CDS, also in der Scheitelfläche durch AS bleiben. Da die Atmosphäre von D bis A ihre Dichtigkeit stets ändert (§. 31.), folglich der Strahl bey jedem weitern Fortgange nach demselben Gesetze aufs Neue wieder gebrochen wird, also unaufhörlich seine Richtung ändert; so machen die Elemente seiner Bahn von D bis A eine krumme Linie, die, weil die Brechung nach dem Einfallslothe zu geschieht, nach C hin hohl ist. Das Auge des Beobachters in A erblickt den Stern S in der Richtung, die der Strahl zuletzt hat, also in der Berührungslinie (Tangente) AE der krummen Linie DA; und da diese letztere gegen C zu hohl ist, so fällt die Tangente AE zwischen AS und AZ. Daher ist ZAE < als ZAS. Der Unterschied dieser beyden Winkel, unter welchen der Strahl nach der Brechung und ohne Brechung erscheint, oder der Winkel EAS, heißt die astronomische Strahlenbrechung. Man sieht hieraus, daß die Refraction den Abstand des Sterns S vom Scheitel Z kleiner, folglich seine Höhe größer macht, als er ohne Brechung seyn würde. Fällt ein Strahl senkrecht, also nach der Richtung ZA auf die Atmosphäre ein, so gehet er ungebrochen durch, weil er hier mit dem verlängerten Halbmesser der Erde, also mit dem Einfallslothe zusammenfällt; je schiefer er aber

auffällt, desto stärker wird er gebrochen. Daher ist die Refraction im Horizont am größten, nimmt von da an aufwärts immer mehr ab, und verschwindet im Scheitel gänzlich. — Das Azimuth der Sterne (§. 10.) wird durch die Refraction nicht geändert, weil der gebrochene Strahl in der Scheitelfläche bleibt; auch ist, unter übrigens gleichen Umständen, die Strahlenbrechung in gleichen Höhen gleich groß, da die Sterne weit außerhalb unserer Atmosphäre liegen müssen, und nur von dieser die Refraction abhängt. Indeß müssen die Brechungen mit dem Zustande der Atmosphäre sich beständig verändern, und insbesondere mit dem jedesmaligen Stande des Barometers und Thermometers zusammenhängen, wovon die Dichtigkeit der Luft, und mithin die Größe der Brechung abhängt.

Anmerk.

*) Geht ein Strahl aus dem dichtern Mittel in ein dünneres über, so wird er von dem Perpendikel abwärts gebrochen. — Das Gesetz der Brechung ist dieses: Der Sinus des Neigungswinkels hat zu dem Sinus des gebrochenen Winkels in demselben Mittel dasselbe Verhältniß, der Strahl mag, unter welchem Winkel er will, auffallen, z. B. im Wasser wie 4 : 3, in gemeinem Glase wie 31 : 20. Klügel's Encykl. II. Th. §. 555.

§. 33.

Um die Größe der Horizontalrefraction zu finden, wählt man zwey Sterne A und B, von denen der eine A im Horizonte, der andere B in demselben Verticalkreise über demselben steht. Man messe die Höhe von B, wodurch man zugleich den Abstand beyder Sterne erhält; diesen Abstand messe man abermals, wenn A und B der Meridianfläche nahe kommen. Setzt man die Refraction des obern Sterns bey der ersten Beobachtung bey Seite, so wie auch den geringen Unterschied, welchen bey der zweyten Beobachtung die Refraction beyder Sterne in ihrer Weite macht; so zeigt der Unterschied beyder gemessenen Weiten, wie hoch bey der ersten Beobachtung der untere Stern A durch die Refraction

gehoben war, und giebt also die Horizontalrefraction ziemlich genau, da die Voraussetzungen nur geringe Unterschiede bey Seite setzen. Nach genauern Bestimmungen setzt man für die Horizontalrefraction 32′ 54″. — Um aber die Größe der Refraction für verschiedene Höhen durch Beobachtung auszumitteln, nehme man einen Stern, der nahe beym Zenith durch den Meridian geht. Man messe seinen Abstand vom Pol bey seiner obern und untern Culmination; so wird der zweyte Abstand um so viel kleiner gefunden, als der erste, wo keine Refraction Statt findet, um so viel die Refraction den Stern bey seiner untern Culmination erhöhet. Da hierbey die wahre durch die Refraction verbesserte Polhöhe als bekannt vorausgesetzt wird; so kommt es hauptsächlich darauf an, die Refraction für die Höhe des Pols genau zu bestimmen, was aber in der Kürze nicht erklärt werden kann. — In Höhen von 45° beträgt die Strahlenbrechung noch nicht 1′ (nämlich nur 57″); darum gehören sehr feine Untersuchungen dazu, um die geringen Größen der Refraction in beträchtlichen Höhen zu erforschen. Doch auch in kleinern Höhen hat die Bestimmung der Lichtbrechung große Schwierigkeiten, namentlich wegen der veränderlichen Dichtigkeit und Temperatur der Luft (§. 31. und 32.). In Höhen, die weniger als 1° betragen, gleitet der Lichtstrahl nahe an der Oberfläche der Erde hin, und leidet in den untern, mit vielen Dünsten angefüllten Theilen der Atmosphäre irreguläre Brechungen, welche neue Schwierigkeiten verursachen. Gleichwohl hat der Scharfsinn der heutigen Astronomen und Physiker Mittel gefunden, für alle Höhen Refractionstafeln *) zu berechnen, die, bis auf einige sehr unbedeutende, kaum in Betracht kommende, Abweichungen, dem Beobachter, der sich ihrer bedient, hinlängliche Sicherheit gewähren. Aus solchen Tafeln nun muß der praktische Astronom die scheinbaren Höhen der Sterne, welche die Instrumente geben, verbessern, um die wahren Oerter, also z. B. die wahre Abweichung derselben (§. 21.) zu erhalten, und sie hiernach richtig in Fixsternkatalogen ꝛc. eintragen zu können.

Anmerk.

*) Man findet dergl. Tafeln in den Werken von La Lande, La Place, De Lambre, Biot u. A., desgl. in astron. Zeitschriften und Ephemeriden, z. B. im Berl. astron. Jahrb. für 1816., S. 179. (neue Refractionstafel, aus Bradley's Beobacht. der Circumpolarsterne hergeleitet, v. Prof. Bessel); in den Tables de Soleil et de la Lune par Mr. de Lambre et Bürg; in den Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France. I. P. Tab. IX. ꝛc.

§. 34.

Die Luft hat auch die Eigenschaft, die auf sie fallenden Lichtstrahlen zurückzuwerfen oder zu reflectiren und dadurch die Dämmerung zu bewirken. Wenn nämlich die Sonne in S' (Fig. 6.) unter dem Horizont HTH eines Ortes in T ist; so können ihre Strahlen, weil sie in geraden Linien sich fortpflanzen, diesen Ort nicht erreichen, sondern streichen bey der Erdfläche in B vorbey, nach der Richtung Bw. Allein der von der Sonne erleuchtete Theil der Atmosphäre, der sich von w nach y hinerstreckt (man verlängere ihn in Gedanken mit dem Halbmesser xC weit über y hinaus), wirft die empfangenen Strahlen auf die Erde in T zurück, und die dadurch verursachte Dämmerung wird desto stärker seyn, je größer der Theil der Atmosphäre wy ist, der von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Wenn die Sonne niedriger unter dem Horizont nach S'' zu herabsinkt; so rückt der Punct w, der erst die Grenze des von der Sonne erleuchteten Theils der Atmosphäre für den Ort T machte, nach x, und dieser Theil wird immer kleiner. Das Licht der Dämmerung nimmt ab, und wird endlich völlige Nacht, wenn die Sonne so tief unter dem Horizonte steht, daß man die kleinsten Sterne sehen kann. Diese Tiefe läßt sich zwar nicht mit völliger Schärfe bestimmen; indeß nehmen die Astronomen an, daß, wenn die Sonne 18° unter dem Horizont ist, die kleinsten Sterne sichtbar werden, also die Morgendämmerung anfängt, und die Abenddämmerung aufhört.

Ohne die Reflexion der Lichtstrahlen in der Luft würde es allenthalben, wo die Sonne nicht unmittelbar hinscheinen kann, (z. B. in Stuben, die nach Norden zu liegen ꝛc.) selbst zur Mittagszeit ganz finster bleiben, und die Sonne würde, zum großen Nachtheil für unsere Augen, im Augenblicke ihres Auf- und Untergangs die Nacht plötzlich in Tag, den Tag in Nacht verwandeln. Auch die schöne blaue Farbe des Himmels würde ohne dieselbe nicht seyn; denn diese rührt bloß daher, daß die Theilchen der Atmosphäre die auf sie fallenden Lichtstrahlen blau gefärbt zurückwerfen. So erscheinen uns entlegenere Gegenstände, als Berge, Wälder ꝛc. in blauer Farbe; die zwischen ihnen und unsern Augen liegenden atmosphärischen Schichten geben ihnen durch ihre eigenthümliche Farbe dieses Ansehen. Auf den Gipfeln sehr hoher Gebirge sieht der Himmel fast ganz schwarz aus, weil dort die Luft sehr dünn ist und daher die blauen Strahlen nicht merklich reflectiren kann.

§. 35.

Aus der Dauer der Dämmerung hat man die Höhe der Atmosphäre (nämlich bis dahin, wo ihre Theilchen noch dicht genug sind, um durch Brechung und Zurückwerfung der Lichtstrahlen eine merkliche Dämmerung zu bewirken) zu etwa 10 Meilen berechnet. [1]) Der Luftkreis umgiebt also die Erdkugel als ein sphärischer Ueberzug, dessen Dicke gegen die des Erdballs (wenn man auch den Durchmesser dieser letztern bloß nach den allgemeinen Erfahrungen der Erdumsegler schätzt) nur ein geringes Verhältniß hat. Hieraus erklärt sich noch folgende bekannte Erscheinung:

Die unsere Erde concentrisch umgebende Luft, deren obere Grenze S h M H S (Fig. 14*) ist, wird nämlich, da wir uns nicht im Mittelpuncte C, sondern auf der Oberfläche O der Erde (die durch den innern Kreis um C vorgestellt ist; wiewohl der Halbmesser desselben O C als viel beträchtlicher gegen den Halbmesser der Atmosphäre O S gedacht werden muß) befinden, durch unsern Horizont H h

in zwey ungleiche Hälften HSh und HMh abgetheilt. Diejenige, welche über unserm Gesichtskreise liegt, und deren Mittelpunct mit unserm Zenith S zusammenfällt, hat, weil die durch die Atmosphäre uns zugesendeten Strahlen vom Horizonte her einen längern Weg zurückzulegen haben, als vom Zenith, nach der erstern Richtung eine größere Ausdehnung, als nach der letztern. [2]) Hierzu kommt noch die Stellung der zwischen uns und dem Horizont liegenden Gegenstände, welche dazu beytragen, die scheinbare Entfernung desjenigen Theils des Himmels, den wir jenseits derselben sehen, zu vergrößern, dahingegen der über unserm Haupte befindliche Theil des Firmaments uns näher vorkommen muß, weil zwischen demselben und unserm Auge, zumal bey heiterer Luft, keine Gegenstände liegen, nach denen wir dessen wahre Entfernung schätzen könnten. Diese beyden Ursachen, von denen die erstere wirklich, die letztere aber nur scheinbar ist, machen denn: daß uns die sichtbare Hälfte der Himmelssphäre als ein flaches (abgeplattetes) Gewölbe, etwa wie H′sh′, erscheint, dessen Mittelpunct tief unter unsern Füßen liegt. Der horizontale Halbmesser H′h′ dieses abgeplatteten Himmelsgewölbes verhält sich zum verticalen Os etwa wie 90 : 23 (fast wie 4 : 1); so daß ein Stern, der etwa 23° hoch steht, ziemlich in der Mitte zwischen dem Horizont und dem Zenith sich zu befinden scheint.

Anmerk.

1) Man s. über diese Berechnung *Biot*, Traité etc. Tom. II, §. 160.; *La Lande*, Astron. T. II. §. 2270.; Bode's Erläuterung der Sternk. ꝛc. I. §. 329., und dessen Kenntniß der Erdkugel 5. Abth. 3. Abschn. §. 34.; Bohnenberger's Astronomie, §. 54.

2) Die hierauf gegründete Erklärung der eingedrückten Gestalt der Himmelssphäre ist ohne Zweifel die einfachste und natürlichste, die man geben kann, ob sie sich gleich in vielen astron. Lehrbüchern nicht findet. Man s. *La Place*, Exposition etc. 4. Edit. p. 94., und *Biot*, Traité etc. T. I. §. 41. und 42.

IV. Capitel.

Die Wandelsterne und ihre eigenen Bewegungen.

§. 36.

Alle Himmelskörper nehmen an der täglichen oder der gemeinen Bewegung (§. 3. ff.) Antheil. Was die Fixsterne (§. 22 ff.) betrifft, so beobachten sie bey dieser Bewegung, weil sie ihre relative Lage gegen einander und die himmlischen Kreise nicht ändern, folgende Regelmäßigkeit: Sie gehen jeden Tag an einer und derselben Stelle des Horizonts auf und unter, culminiren immer in demselben Puncte des Meridians (behalten also das ganze Jahr hindurch beständig einerley Mittagshöhe), und beschreiben einen Tag wie den andern denselben Kreisbogen über dem Horizont. Dieses aber ist nicht der Fall bey einigen, in Vergleich mit den Fixsternen wenig zahlreichen Weltkörpern, die wir nun näher kennen lernen müssen, weil die Beobachtung ihres Laufs allein zu einer richtigen Vorstellung von dem Weltsystem führen kann. Diese Himmelskörper haben außer der gemeinen Bewegung noch eine andere, welche nach der entgegengesetzten Richtung, nämlich von West nach Ost geht; man nennt sie die eigene Bewegung. Sie läßt sich am leichtesten am Monde, nächstdem an der Sonne wahrnehmen. Beyde entfernen sich täglich von den Fixsternen, bey welchen sie standen, nach Osten, gehen von Tag zu Tage durch andere Puncte des Horizonts und des Meridians, und beschreiben bald größere, bald kleinere Bogen ihres täglichen Kreislaufes über dem Horizonte.

Mitten unter der großen Menge funkelnder Himmelskörper, mit denen das Firmament besäet ist, finden sich noch zehn Sterne, die ebenfalls ihre Stelle unter den Fixsternen verändern, nach und nach an verschiedenen Puncten des Horizonts auf- und untergehen ꝛc., und nicht nur vorwärts, d. h. von West nach Ost, sondern auch bisweilen rückwärts sich bewegen, ja mittlerweile eine Zeitlang

still zu stehen scheinen. Wegen dieser anscheinlichen Unordnung und Verwickelung ihres Laufs hat man ihnen die Benennung der Planeten, d. h. der Irrsterne (von πλανάω, herumirren) beygelegt. Ihre Namen, nebst den ihnen beygegebenen Zeichen sind folgende:

Mercurius ☿, Venus ♀, Mars ♂, Ceres ⚳, Pallas ⚴, Juno ⚵, Vesta ⚶, Jupiter ♃, Saturnus ♄, und Uranus ♅.

Auch für Sonne und Mond hat man Zeichen, nämlich: ☉ und ☽ (für die Erde dieses: ♁).

§. 37.

Mercurius, Venus, Mars, Jupiter und Saturnus sind, weil sie mit bloßen Augen gesehen werden können, schon in den ältesten Zeiten bekannt gewesen. Den Uranus, der dem unbewaffneten Auge nur mit Mühe sichtbar, und wegen der sehr langsamen Veränderung seines Orts früher von mehrern Beobachtern für einen kleinen Fixstern gehalten, und als solcher auch in die Sternkatalogen von ihnen eingetragen worden ist, hat Herschel zu Bath in England den 13. März 1781 vermittelst eines siebenfüßigen Spiegelteleskops zuerst für einen Planeten erkannt. [1]) Ceres ward entdeckt am 1. Januar 1801 von D. Piazzi [2]) zu Palermo auf Sicilien; Pallas am 28. März 1802. von D. Olbers [3]) in Bremen; Juno am 1. Septbr. 1804 von Prof. Harding [4]) in Göttingen; Vesta [5]) am 29. März 1807, ebenfalls von Olbers. Diese vier neuen Planeten sind aber so klein und lichtschwach, daß sie nur mit sehr guten Teleskopen gesehen werden können.

Dem äußerlichen Ansehen nach sind die Planeten (wenigstens diejenigen, die man mit bloßen Augen deutlich sieht) den Fixsternen sehr ähnlich; sie lassen sich aber alle, außer der Veränderlichkeit ihres Orts, durch folgende Kennzeichen von den Fixsternen unterscheiden: 1) ihr Licht ist nicht so funkelnd, wie das der Fixsterne; 2) sie verlieren, durch Fernröhre betrachtet, ihren hellen Glanz, und erscheinen

nicht nur in matterm Lichte, sondern auch vergrößert und scheibenförmig; da hingegen die Fixsterne auch bey den stärksten Vergrößerungen im Teleskope die Lebhaftigkeit ihres Lichts behalten, dabey aber unmeßbare Puncte bleiben; 3) sie vollführen ihren Lauf gleich der Sonne und dem Monde, nur im Thierkreise (§. 25.); (jedoch mit Ausnahme der ♃ und ♅, die ihn überschreiten), statt daß die Fixsterne überall an der Himmelssphäre zerstreut sind.

Mercurius hat ein weißliches, Venus, die schönste Zierde unsers Himmels, ein blendend weißes, Mars ein rothes, fast dem glühenden Eisen ähnliches (daher sein griechischer Name πυρόεις, der feurige), Jupiter, nach der Venus der glänzendste Planet, ein etwas gelbliches, silberfarbiges, Saturnus ein schwächeres, bleichröthliches Licht. Unter den neuern Planeten zeichnet sich Juno, ungeachtet ihres fast unmerklichen Durchmessers, durch ein sehr starkes, fixsternartiges Licht im Fernrohre aus.

Anmerk.

1) S. Joh. El. Bode, von dem neu entdeckten Planeten. Berl. 1784. 8., wo man die Entdeckungsgeschichte desselben findet; auch *Jo. Frid. Wurmii* Historia Novi Planetae Urani etc. Gothae 1791. 8. (lat. und deutsch). Man s. auch Bode's Erläuterungen u. s. w. I. §. 535. Die Engländer nennen den ♅ Georgium Sidus, die Franzosen nach ihrem Entdecker Herschel. — Dr. Wilhelm Herschel ist geb. zu Hannover den 15. Nov. 1738. Er hat seine wichtigsten Beobachtungen und Entdeckungen zu Slough bey Windsor gemacht, wo ihn der letzt verstorbene König von England in den Stand gesetzt hatte, ganz der erhabenen Wissenschaft zu leben, die ihm so viel verdankt. Man findet seine vorzüglichsten Lebensumstände beschrieben in von Zach's Monatl. Corresp. Jan. 1802. S. 70. ff. und in Wurm's angezeigter Schrift.

2) Dr. Joseph Piazzi, Prof. der Astronomie und Director der königl. Sternwarte zu Palermo, ist geb. den 19. März. 1746. Man sehe über das Leben, die Verdienste, Schriften u. s. w. dieses vortrefflichen Beobachters in der Monatl. Corresp. Janst. 1810. S. 46—99., und einen Nachtrag dazu in der Zeitschr. f. Astronomie. VI. Bd. (vom J. 1818.). S. 209. ff. — Die vollständige Entdeckungsgeschichte der Ceres findet man in Piazzi's kleiner Schrift: Risultati delle observazioni della nuova stella etc. Pal. 1801.; in Bode's Abhandlung „von dem neuen zwischen Mars und

Jupiter entdeckten Hauptplaneten.“ 9 Bogen. 8. Berl. 1802.; desgl. in der Monatl. Corresp. Jun. 1801. S. 592. ff. Fortgesetzte Nachrichten über die Ceres, ihren Lauf ꝛc. geben die folg. Stücke der Monatl. Corresp. Das Geschichtliche von ihrer Benennung und dem ihr beygelegten Zeichen steht im Novst. 1801. S. 570. ff.; Febrst. 1802. S. 183. Märzst. S. 280. und Mayst. S. 480. — Piazzi hat, zu Ehren des Kg. Ferdinand IV., die Benennung „Ceres Ferdinandea“ gewählt, wovon Mich. Monti in s. Abhandlung „Risultati delle observazioni“ etc. dichtet:

Telluris patriae ductura a principe nomen
Astra inter Siculis fulsit ab axe Ceres.

Von dem Zeichen ♀ sagt Prozubut in Wilna:

Quae segetum culmos docuisti falce secare,
Falx dentata sacrum sit tibi stemma Ceres.

3) Dieser scharfsinnige und verdienstvolle Himmelsforscher (ausübender Arzt in Bremen) ist geb. d. 11. Octbr. 1758. Man s. über ihn und seine Sternwarte die Monatl. Corresp. Febr. 1801. S. 114. ff. — Die Entdeckungsgeschichte der ♁ s. ebend. May 1802. S. 481. ff., und fortges. Nachr. über dieselbe in den folg. Stücken; über ihren Namen und ihr Zeichen ebend. Mayst. 1802. S. 493. und Jul. S. 95.

4) Er war damals astron. Gehülfe des verst. Justizraths Schröter in Lilienthal bey Bremen. — Ueber die Entdeckung der ♅ s. Monatl. Corresp. Octbr. 1804. S. 270. ff. und die nächstfolg. Stücke; über ihre Benennung und ihr Zeichen Nov. 1804. S. 471.

5) Die Geschichte ihrer Entdeckung s. in der Monatl. Corresp. May 1807. S. 502 ff. und in den folgenden Monaten; über ihre Benennung und ihr Zeichen. May 1807. S. 507. f.

§. 38.

Seit der Erfindung der Fernröhre hat man mit Hülfe dieser Werkzeuge um einige Planeten kleine Sternchen entdeckt, die ihren Ort beständig ändern, aber immer in der Nähe ihres Planeten bleiben und nach gewissen, regelmäßigen Perioden in dieselbe Lage gegen ihn zurückkehren. Man hat sich durch fortgesetzte Beobachtungen bald überzeugt, daß diese kleinen Körper ihren unmittelbaren Lauf um den Planeten, den sie bey seiner eigenen Bewegung beständig begleiten, vollführen, und sie daher Trabanten der Planeten (Satelliten) oder Nebenplaneten genannt. Das Weitere von ihnen wird unten vorkommen.

Endlich erscheinen auch bisweilen Sterne am Himmel, deren Glanz, Größe und Geschwindigkeit eben so allmälig zu- als abnimmt, bis sie zuletzt gänzlich wieder verschwinden, gemeiniglich, ohne je wiederzukehren. Diese Himmelskörper — denn daß sie keine bloßen Lufterscheinungen sind, erhellet theils aus ihrer langen, oft mehrere Monate dauernden, Sichtbarkeit, theils aus dem Umstande, daß sie, aus weit entlegenen Beobachtungsörtern betrachtet, keiner Ortsverrückung in Beziehung auf die Fixsterne, bey denen sie stehen (keiner Parallaxe), unterworfen sind — haben ein sonderbares, von den Planeten sehr verschiedenes Ansehen. Meistentheils gleichen sie einer trüben Dunstmasse, in deren Mitte man durch Fernröhre einen bald mehr, bald weniger dichten, fast nie scharf begrenzten Kern erblickt. Einige von ihnen erscheinen als wirklich rundliche Nebelflecken; andere haben einen blaßschimmernden, oder auch hellglänzenden, zum Theil ungeheuer langen Schweif, der allemal von der Sonne abgekehrt ist. Daher nennt man sie Kometen (von κόμη, das Haar) oder Schweifsterne. — Auch diese Körper haben, außer der täglichen Bewegung, einen eigenen Lauf, der jedoch nach allen Richtungen hingeht und keinesweges, wie der der Sonne, des Mondes und der Planeten, auf den Thierkreis beschränkt ist.

§. 39.

Die in §. 36. bis 38. namhaft gemachten Weltkörper werden in einem allgemeinern Sinne, wegen ihrer eigenen Bewegung, sämmtlich unter der Benennung der Planeten begriffen. Da aber mit diesem letztern Ausdrucke gemeiniglich nur eine besondere Classe derselben (§. 36.) bezeichnet wird; so wollen wir allen jenen Körpern den gemeinschaftlichen Namen der Wandelsterne geben. Die Folge wird lehren, in wiefern dieser Ausdruck zulässig sey, und ob er wirklich einem jeden der hier gemeinten Himmelskörper zukomme.

Wir sehen nun auch, daß man noch einen zweyten Grund

hat, den übrigen Weltkörpern den Namen der Fixsterne (vergl. §. 22.) beyzulegen; daß man sie nämlich auch deshalb so nenne, weil sie, gleich festen Puncten an der Himmelssphäre, sich nur mit ihr umwälzen, und daher zu Grenzsteinen dienen, wodurch die besondern Bahnen der wandelnden Gestirne bestimmt werden.

V. Capitel.

Die Sonne und ihre eigene Bewegung.

§. 40.

Beobachtet man den gestirnten Himmel zu allen Zeiten des Jahres, so zeigt sich Folgendes: In den Frühlingsmonaten sehen wir in unsern nördlichen Gegenden um Mitternacht den großen Bären im Zenith glänzen; Orion und die Plejaden gehen in Westen unter, und der Adler erhebt sich in Osten über den Horizont. Nach sechs Monaten ist die ganze Scene verwandelt. Zur herbstlichen Mitternachtszeit schleicht nämlich der große Bär über dem nördlichen Horizont hinweg, Orion und die Plejaden erscheinen in Osten, und der Adler neigt sich in Westen zum Untergange. In einer heitern Winternacht schimmern zu beyden Seiten des Meridians die schönsten Sternbilder: Orion, der Stier, die Zwillinge, Capella, Sirius u. s. w. in ihrer ganzen Pracht; im Sommer sind sie verschwunden, und ihre Stelle ist mit der Leyer, dem Adler, der Krone, dem Scorpion und andern vorher nicht sichtbaren Gestirnen besetzt, bis nach einem Jahre alles wieder die vorige Gestalt erhält. — Es ist Mittag, wenn die Sonne culminirt, und Mitternacht, wenn 12 Stunden nachher die Himmelssphäre sich halb umgedrehet hat, also die Sonne in der entgegengesetzten nördlichen Hälfte des Meridians unter dem Horizont ist; es stehen folglich die Sterne, die um Mitternacht culminiren, der Sonne gerade

gegenüber, diejenigen aber, welche um Mitternacht in Norden stehen, haben mit ihr eine gleiche Rectascension. Da nun in jeder Jahreszeit verschiedene Sterne um Mitternacht culminiren, und zwar nach 6 Monaten immer solche, deren Rectascension von denen, die vor 6 Monaten in Süden standen, um 180° verschieden ist, wie die nördliche Krone und die Plejaden, der Adler und die Zwillinge, die Leyer und Syrius u. s. w.; da ferner solche Sterne, die nicht untergehen, wie die des großen Bären, in Zwischenräumen von 6 Monaten um Mitternacht in Süden und Norden stehen: so ergiebt sich, daß die Sonne zu jeder Jahreszeit eine andere Stelle unter den Fixsternen einnimmt oder eine eigene Bewegung hat, daß sie in 6 Monaten einen halben, und nach 12 Monaten einen ganzen Umlauf an der Himmelssphäre unter den Fixsternen von Abend nach Morgen macht.

§. 41.

Beobachtet man weiter am Mauerquadranten von Tag zu Tage die Mittagshöhe des Mittelpuncts der Sonne (indem man die halbe Summe der aus den Refractionstafeln corrigirten Höhen ihres obern und untern Randes nimmt); so findet man dieselbe zweymal (um den 21. März und 21. Septbr.) der Aequatorhöhe gleich, in den Zwischenzeiten aber (um den 21. Jun. und 21. Decbr.) einmal am größten, das anderemal am kleinsten, jedoch so, daß beydemal ihre Abweichung, die nördliche und die südliche, = 23° 28′ ist. Die Bahn, in der die Sonne ihre eigene Bewegung vollführt, ist also vom Aequator verschieden, muß ihn aber in zwey Puncten durchschneiden, und um 23° 28′ sich über ihn nach Norden zu erheben, und unter ihn nach Süden zu sich hinabsenken. — Beobachtet man ferner die Fixsterne, die der untergehenden Sonne zu der Zeit, wenn sie in den eben gedachten beyden Durchschnittspuncten steht, unmittelbar in Westen nachfolgen; so findet man, daß sie einander gegenüber liegen, oder um den Durchmesser der Himmelskugel von

einander abstehen. Hieraus folgt, daß die Bahn der Sonne den Aequator halbirt, oder daß sie ein größter Kreis an der Himmelssphäre ist, der den Aequator in zwey um den Durchmesser abstehenden Puncten unter dem Winkel von 23° 28′ schneidet.

§. 42.

Die Kreislinie, in der die Sonne jährlich in einer der täglichen Bewegung entgegengesetzten Richtung, oder von West nach Ost, den Himmel umläuft, heißt die Ekliptik (von ἐκλείπω, abnehmen, verfinstert werden; s. §. 70.) Man s. Fig. 2., wo AOBW den Aequator, FOEW die Ekliptik vorstellt. Beyde Kreise schneiden einander in W und O. Diese Durchschnittspuncte heißen die Puncte der Tag- und Nachtgleichen oder die Aequinoctialpuncte, W der Frühlingspunct, O der Herbstpunct, weil, wenn die Sonne im Frühling und Herbst in ihnen steht, ihr Tagekreis der Aequator ist, also Tag und Nacht auf der Erde einander gleich sind. In W erhebt sich die Sonne nördlich über den Aequator, in O geht sie südlich unter denselben hinab. Je weiter sie von W nach O, d. h. von West nach Ost, fortrückt, je größer werden die Tagebogen der Parallelkreise, die sie vermöge der täglichen Umwälzung der Sphäre beschreibt, je länger die Tage in den nördlichen Gegenden. Hat sie den vierten Theil ihrer Bahn WF = 90° zurückgelegt, so ist ihre nördliche Abweichung FA am größten, und die Tage sind am längsten. Von da nehmen mit der Abweichung die Tage wieder ab, bis sie, wenn die Sonne in O zum zweytenmal in den Aequator tritt, den Nächten gleich werden. Wenn hierauf die Sonne den südlichen Theil der Ekliptik OBW durchläuft; so werden die Tage für uns alle kürzer, als die Nächte, am kürzesten, wenn die Sonne ihre größte südliche Abweichung EB in dem Puncte E hat, der ebenfalls 90° von den Nachtgleichen absteht. Die Puncte F und E heißen Sonnenstillstands- oder Solstitialpuncte, F der Sommerstillstands- und E der Winterstillstandspunct.

Man sagt, die Sonne stehe in diesen Puncten still (es sey Solstitium), weil wegen der parallelen Lage, die die Ekliptik in ihrem größten nördlichen und südlichen Abstande vom Aequator gegen diesen hat, die Mittagshöhe der Sonne, folglich auch die Länge des Tages sich einige Tage hinter einander nicht merklich ändert. — Die Parallelkreise F G und D E (Fig. 1.), welche durch die Solstitialpuncte F und E gehen, heißen die Wendekreise; jener der Wendekreis des Krebses, (Tropicus Cancri) dieser der Wendekreis des Steinbocks (Tropicus Capricorni; diese Kreise kann man sich auch an Fig. 2. vorstellen, wenn man Fig. 1. so darauf legt, daß die mit einerley Buchstaben bezeichneten Puncte auf einander fallen). — Die Puncte R und Q (Fig. 2.), welche in einer auf die Ekliptik durch den Mittelpunct C senkrechten Linie R C Q liegen, heißen die Pole der Ekliptik, R der Nord- und Q der Südpol, die Linie R C Q aber, die Axe derselben. Jene Pole sind von allen Puncten der Ekliptik gleich weit, nämlich 90° entfernt. Sie beschreiben bey der täglichen Umwälzung der Himmelssphäre die Parallelkreise R r und Q q (oder H I und K L in Fig. 1.) um die Weltpole P und p, und werden daher Polarkreise, R r der nördliche, Q q der südliche genannt. Zieht man einen größten Kreis durch die Weltpole und die Aequinoctialpuncte, und einen andern durch die Weltpole und die Solstitialpuncte; so heißt jener der Colurus der Nachtgleichen, dieser der Colurus der Solstitien oder der Sonnenwenden. — Die Pole der Ekliptik sind von den Weltpolen um eben so viele Grade entfernt, als die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator beträgt, nämlich 23° 28′ (§. 41.). Denn es ist A P = 90°, als die Entfernung des Weltpols von dem Aequator, desgleichen F R = 90°, als die Entfernung der Ekliptik von ihrem Pole. Man nehme den gemeinschaftlichen Theil F P weg, so bleibt P R = A F = 23° 28′, indem der Bogen A F die Neigung der Ebenen des Aequators und der Ekliptik gegen einander mißt. Es folgt hieraus, daß auch die Polarkreise in allen ihren

Puncten vom nächsten Pole 28° 28′ entfernt sind, und daß ihr Durchmesser = 2 A F ist.

§. 43.

Die Laufbahn der Sonne, und was sich auf dieselbe bezieht (§. 40. bis 42.), läßt sich ebenfalls am deutlichsten an der künstlichen Himmelskugel vorstellen. Daher hier vor allen Dingen eine kurze Andeutung der jetzt beschriebenen Kreislinien und Puncte (s. Fig. 12.) — c d ist die Ekliptik, c a ihre nördlichste und d b ihre südlichste Entfernung vom Aequator a b; also c O a = d O b die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator = 23° 28′; c e ist der Wendekreis des Krebses, f d der Wendekreis des Steinbocks. In O, und 180° davon, auf der entgegengesetzten Seite der Kugel, sind die Aequinoctialpuncte. Die Puncte l und m sind die Pole der Ekliptik, zwischen denen man eine gerade Linie, als die Axe derselben, in Gedanken durch den Globus ziehen muß; k l ist der nördliche und m n′ der südliche Polarkreis.

Die eigene Bewegung der Sonne, verbunden mit der täglichen, die jener der Richtung nach entgegengesetzt ist, sich am Globus (der auch bey dieser Aufgabe nach den Weltgegenden und nach der Polhöhe gestellt seyn muß; §. 8. und 17.) recht begreiflich zu machen, bezeichne man die Sonne mit Kreide auf dem Frühlingspunct der in ihre 360° eingetheilten Ekliptik, bringe den bezeichneten Grad in den östlichen Horizont, und drehe die Kugel langsam nach Westen, bis dieser Grad hier untergeht. Auf diese Art sieht man, wie die Sonne einen Tagebogen beschreibt, der mit dem Aequator zusammenfällt. Man lasse sie nun auch durch weiteres Umdrehen des Globus den Nachtbogen durchlaufen, und sie in Osten aufs Neue aufgehen. Jetzt wische man den Kreidepunct weg und zeichne ihn einen Grad weiter vorwärts; denn um so viel ist ungefähr die Sonne während der einmaligen Umwälzung der Kugel von Abend nach Morgen in der Ekliptik fortgerückt.

Man drehe den Globus, wie vorhin nach Westen, und man wird am messingenen Meridian, wenn der Kreidepunct durchgeht, sehen, wie die Sonne jetzt einen vom Aequator ein wenig nördlich liegenden Parallelkreis, als Tagebogen, beschreibt. Nach vollendeter Umwälzung der Kugel zeichne man die Sonne abermals um einen, oder (indem man sich einbildet, die Kugel 2, 3, 4mal ꝛc. nach einander umgedrehet zu haben) um 2, 3, 4° ꝛc. auf der Ekliptik weiter nach Westen, und verfahre, wie vorher. Setzt man diese Operation fort, bis die Sonne um die ganze Ekliptik herumgekommen und wieder im Frühlingspuncte eingetroffen ist; so wird man eine anschauliche Vorstellung von ihrer doppelten Bewegung, der jährlichen und der täglichen, so wie von den damit zusammenhängenden Erscheinungen, als der verschiedenen Ansicht des gestirnten Himmels in verschiedenen Jahreszeiten (§. 40.), von der verschiedenen Abweichung der Sonne, ihrem Stillestehen in den Solstitialpuncten, und ihrem Umwenden von denselben, von ihrer größern oder kleinern Mittagshöhe, ihrem längern oder kürzern Verweilen über dem Horizont ꝛc. (§. 41. und 42.) erlangt haben. *)

Anmerk.

*) Stellt man sich vor, ein kleines Insect krieche, während man den Globus immerfort gleichmäßig von Ost nach West umdreht, längst der Ekliptik in entgegengesetzter Richtung, nämlich von West nach Ost langsam hin; so hat man ebenfalls ein anschauliches Bild von der Combination der täglichen Bewegung der Sonne mit ihrer jährlichen.

§. 44.

Auch die Wende- und die Polarkreise hat man von der Himmelssphäre auf die Erde übergetragen (vergl. §. 19.); sie sind daher in Fig. 1. an der Erdkugel TftgT vorgestellt. Tg ist nämlich der Wendekreis des Krebses, ft der Wendekreis des Steinbocks; hi ist der nördliche, kl der südliche Polarkreis. Wenn sich die Sonne im Aequator am Himmel AB befindet; so steht sie

senkrecht über den Oertern, die auf dem Erdäquator a b liegen. Wenn sie nach Norden bis zu dem Wendekreise des Krebses F G, oder nach Süden zum Wendekreise des Steinbocks D E fortgerückt ist; so ist sie dort den Bewohnern des irdischen Wendekreises T g, hier denen des Wendekreises f t zu Mittage senkrecht. Wenn die Sonne über T senkrecht steht; so erstreckt sich die Erleuchtung bis i über den Pol P hinaus, reicht aber auf der entgegengesetzten Seite nur bis k, so daß alle Gegenden um den Nordpol bis an den Kreis h i während eines täglichen Umlaufs der Sonne Tag, alle Gegenden aber um den Südpol bis an k l Nacht haben. So wie die Sonne wieder nach dem Aequator zurückkehrt, wird der beständig erleuchtete Theil um den Nordpol, und der beständig im Finstern liegende um den Südpol kleiner. Steht die Sonne über dem Aequator senkrecht, so haben alle Gegenden der Erde Tag und Nacht gleich. Geht sie auf die eine oder andere Seite hinüber, so müssen die Erscheinungen auf der südlichen und nördlichen Hälfte mit einander wechseln. Da dieß wirklich geschieht; so liegt hierin ein neuer Beweis für die Kugelgestalt der Erde (vergl. §. 18.).

§. 45.

Der Winkel, unter welchem die Ekliptik den Aequator schneidet, oder die Neigung der Ebenen dieser beyden Kreise gegen einander (§. 41.) heißt die Schiefe der Ekliptik. Sie wird gefunden, wenn man einige Tage um das Sommersolstitium die Mittagshöhen der Sonne mißt, bis sie wieder abzunehmen anfangen. Zieht man nämlich von der hierdurch gefundenen größten Mittagshöhe die Aequatorhöhe ab; so hat man die größte nördliche Abweichung der Sonne, folglich die gesuchte Schiefe der Ekliptik. — Kennt man diese, so kann man umgekehrt aus der Mittagshöhe der Sonne in den Solstitien die Aequatorhöhe des Orts, und aus dieser die Polhöhe (§. 15. 16.) herleiten.

Aus Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen

ergiebt sich, daß die Schiefe der Ekliptik allmählig abgenommen hat und immerfort abnimmt. Vor 2000 Jahren war sie beynahe 24°. Nach den neuesten Berechnungen beträgt ihre jährliche Abnahme jetzt 0,521 Stunden.

§. 46.

Die Lage der Aequinoctialpuncte wird am besten auf folgende Weise bestimmt: Es sey WO (Fig. 13*) die eine Hälfte des Aequators, WFO die nördliche Hälfte der Ekliptik; AF die größte Abweichung. Einige Zeit vor dem Solstitium, da die Sonne in C ist, wo ihre Rectascension = WB, beobachtet man den Unterschied der Rectascensionen zwischen der Sonne und einem Sterne; nach dem Solstitium, wenn die Sonne in E eine Abweichung ED = CB hat, beobachtet man wieder den Unterschied der Rectascension von demselben Sterne. Dieser ist nun um BD größer oder kleiner als zur Zeit der ersten Beobachtung. Die Hälfte von BD ist aber BA oder AD, der Abstand von dem Solstitial-Colurus, der durch AF geht. Das Complement dieser Hälfte zu 90° ist WB, die Rectascension der Sonne zur Zeit der ersten Beobachtung. Aus dieser ist nun auch die Rectascension des ausgesuchten Sterns bekannt, und dadurch läßt sich nunmehr die Rectascension eines jeden andern Sterns finden, wenn man den Unterschied der Rectascension dieses und jenes Sterns, oder eines andern der Lage nach bekannten, sucht (§. 21.).

Weil die Sonne bey der zweyten Beobachtung nicht genau dieselbe Abweichung hat, wie bey der ersten; so beobachtet man mehrere Tage hintereinander die Höhe derselben und den Unterschied der Rectascensionen, um aus der Veränderung der Höhen die Zeit zu schließen, zu welcher die Abweichung genau der CB gleich war, und zu erfahren, wie groß man zu derselben den Unterschied der Rectascension von dem Sterne annehmen müsse.

§. 47.

Man bedient sich der Ekliptik auf eine ähnliche Art, wie des Aequators, um die Lage der Sterne gegen einander anzugeben. Zieht man nämlich durch irgend einen Stern einen Kreis, dessen Ebene in der Axe der Ekliptik liegt, folglich die Ekliptik senkrecht schneidet und durch ihre Pole geht; so befindet sich ein Bogen desselben zwischen dem Sterne und der Ekliptik, der den Abstand des erstern von der letztern mißt. Dieser Bogen, in Graden ausgedrückt, heißt die Breite des Sterns, die nördlich und südlich seyn kann; der Kreis selbst aber ein Breitenkreis. — Der Bogen, der die Breite mißt, schneidet also die Ekliptik in einem gewissen Puncte. Die Anzahl von Graden, die man von diesem bis zum Frühlingsäquinoctialpuncte zählt, heißt die Länge des Sterns. *) Den Winkel, unter dem sich der Breitenkreis eines Sterns und dessen Abweichungskreis (§. 11.) schneiden, nennt man den Positionswinkel. — Der Bogen der Ekliptik vom Frühlingspuncte an, nach Osten hin gezählt, bis zu dem Orte, wo sich die Sonne befindet, heißt insbesondere die Länge der Sonne, die also, vermöge deren eigenen Bewegung, von Null bis zu 360° jährlich zunimmt. Eine Breite aber hat die Sonne nicht, da sie immer in der Ekliptik bleibt.

Man berechnet am bequemsten die Länge und Breite der Sterne aus ihrer beobachteten Rectascension und Declination. Wenn nämlich von den fünf Stücken: Länge, Breite, Rectascension, Declination und Schiefe der Ekliptik, drey bekannt sind, so lehrt die sphärische Trigonometrie die übrigen daraus herleiten.

Von der Verbindung der drey Kreise, des Aequators, der Ekliptik und des Horizonts, so wie der auf sie senkrecht gestellten Kreise und der Lage ihrer Axen und Pole, muß man sich eine möglichst deutliche Vorstellung zu erhalten suchen. Auch hierzu ist der Himmelsglobus unentbehrlich. Figuren auf dem Papiere leisten für den Anfänger bey weitem nicht soviel, als dieser.

Anmerk.

*) Da es nach §. 20. auch eine Breite und Länge auf der Erde giebt; so ist es um so nöthiger, diese durch die Benennung der geographischen Länge und Breite von den gleichnamigen Elementen am Himmel zu unterscheiden.

§. 48.

Die Länge der Sterne nimmt, wie schon die alten Astronomen bemerkt haben, nach und nach ab, wodurch zugleich ihre Rectascension und Declination, nicht aber ihre Breite, verändert wird. Diese Aenderung rührt entweder von einer wirklichen Bewegung der Sterne, die in Kreisen mit der Ekliptik parallel vorwärts gehen, also sich gemeinschaftlich um die Pole der Ekliptik drehen, oder von einem Rückwärtsgehen des Frühlingspunctes her. Denn wenn (Fig. 15.) EL die Ekliptik, AQ der Aequator, S ein Fixstern, dessen Breite = SV, die Länge desselben aber = Null ist; so muß, wenn letztere zunimmt, ohne daß sich erstere ändert, entweder der Stern S um soviel nach s mit EL parallel östlich gegangen, oder der Frühlingspunct V westlich nach v um eben soviel fortgerückt seyn. Da aber die Zunahme in der Länge allen Fixsternen gemein, und bey dem einen so groß wie bey dem andern ist; so ist die Annahme weit einfacher und natürlicher, daß bloß der Frühlings-Aequinoctialpunct rückwärts, als daß das unzählbare Heer der Sterne mit gleich abgemessenen Schritten vorwärts gehe. Man nennt daher diese eigene Bewegung des Frühlingspunctes von Osten nach Westen, das Vorrücken der Nachtgleichen (Praecessio aequinoctiorum, kurz die Präcession), und sie beträgt nach den neuern Beobachtungen jährlich 50,1 Secunden, folglich in $71\frac{4}{5}$ Jahren einen Grad, in 100 Jahren $1^{\circ}\ 23'\ 30''$, und in 1000 Jahren ziemlich 14°.

§. 49.

Die Präcession wird erfolgen, wenn die Ekliptik EL (Fig. 15.) unbeweglich ist (die geringe Veränderung ihrer

Schiefe nach §. 45. kann hier außer Acht gelassen werden), der Aequator A Q aber, der sie in V schneidet, mit paralleler Bewegung nach a q herabrückt, und die Ekliptik nunmehr in v schneidet. Nach dieser Voraussetzung ist die Breite des Sterns S noch dieselbe, wie S V; die Länge aber, die vorher Null war, nun v V, die Declination, die vorher S T war, nun S t, und die Rectascension, die vorher V T war, nun v t. Da nun die Beobachtungen mit diesen Annahmen genau zusammentreffen; so kann man an der erwähnten parallelen Bewegung des Aequators nicht zweifeln. Diese aber, oder die Veränderung in der Lage der Aequatorebene und ihrer Durchschnittspuncte mit der festen Ebene der Ekliptik, setzt eine Umdrehung der Axe des Aequators (der Weltaxe) um die unverrückte Axe der Ekliptik voraus, wobey nothwendig der Pol des Aequators um den Pol der Ekliptik einen Kreis beschreibt, dessen Halbmesser dem Bogen zugehört, der die Schiefe der Ekliptik mißt, folglich = $23^\circ\ 28'$ ist. Wie beträchtlich hierdurch die Veränderung in der Lage der Fixsterne gegen die Pole und den Aequator mit der Zeit werde, [1]) kann man namentlich am jetzigen Polarsterne sehen. Zu Anfange des Jahrs 1800 war die Rectascension desselben = $13^\circ\ 17'\ 10''$, und die Abweichung = $88^\circ\ 14'\ 25'',4$, woraus man für diesen Zeitpunct mit der Schiefe der Ekliptik = $23^\circ\ 27'\ 57''$ erhält die Länge des Polarsterns = $85^\circ\ 46'\ 28'',4$, die Breite = $66^\circ\ 4'\ 18'',8$, und folglich seinen Abstand vom Pol der Ekliptik = $23^\circ\ 55'\ 41'',2$. Nimmt seine Länge um $4^\circ\ 13'\ 31'',6$ zu, welches eine Zeit von 303,6 Jahren erfordert, wenn man $50'',1$ (§. 48.) auf ein Jahr rechnet; so fällt sein Breitenkreis mit dem Colurus der Sonnenwenden zusammen, und sein Abstand vom Nordpol des Aequators wird am kleinsten und dem Ueberschuß seines Abstandes vom Pol der Ekliptik über die alsdann Statt findende Schiefe der Ekliptik gleich seyn, welche um 158 Sec. kleiner, folglich = $23^\circ\ 25'\ 19''$ seyn wird. Hiernach würde im Jahre 2103 der Polarstern vom Nordpol des Aequators nur noch $30'\ 22''$ ($\frac{1}{2}$ Grad) entfernt seyn. Vor 1800 Jahren betrug

diese Entfernung gegen 12 Grade, so daß dem Stern die Benennung Polarstern noch nicht zukam. Nach dem Jahre 2103 wird er sich aber auch wieder vom Pole entfernen und endlich aufhören, der Polarstern zu heißen. An seine Stelle wird dann zunächst der Stern γ am Knie des Cepheus treten. [2])

Anmerk.

1) S. Bessel's Untersuchung der Größe und des Einflusses des Vorrückens der Nachtgleichen. Berl. 1815. gr. 4. (eine gekrönte Preisschrift.) — Sternverzeichnisse, Himmelscharten = und Globen können wegen des Vorrückens der Nachtgleichen die Lage der Sterne gegen den Aequator und die Ekliptik nur für eine gewisse Zeit richtig darstellen; indeß läßt sich durch den astron. Calcul leicht die nöthige Reduction bewerkstelligen. La Lande, Astron. T. III. Liv. XVI. §. 2720. ff. — Man könnte die künstlichen Himmelskugeln recht gut zur Darstellung der Präcession und des daraus erfolgenden veränderlichen Standes der Gestirne einrichten, wenn man statt des Stundenringes in den Polen der Ekliptik kleine Pfannen anbrächte, worin man die zu den Weltpolen gehörigen Stifte einschraubte, um dieselben im messingenen Mittagskreise einzuhängen, daß sich die Kugel sowohl um die Pole der Ekliptik, als um die Weltpole drehen könnte. Eine noch vollkommnere Einrichtung dieser Art findet sich an der von Erhard Weigel erfundenen Heraldischen Himmelskugel, die leider! jetzt zu den Seltenheiten gehört. S. Weigelii globorum correctorum descriptio. Jenae 1681. 4. — Jetzt verfertigt der Universitäts-Mechanicus Buzenzeiger in Tübingen nach den Angaben des Prof. Bohnenberger eine kleine Maschine, welche unter andern das Vorrücken der Nachtgleichen vortrefflich versinnlicht (Leipz. Litz. v. 1820. Nr. 140.).

2) Vermöge der Präcession machen alle Sternbilder einen Umlauf um die Axe der Ekliptik, der nach §. 48. in einem Zeitraume von etwa 25800 Jahren vollendet wird. Man nennt diesen Zeitraum das große, oder das Platonische Jahr. Platon. Timaeus ed. Bipont. Tom. IX. p. 321. (Die Uebersetzung dieser Stelle s. in Cicer. Op. Bipon. T. XII. p. 341.); Cic. de Nat. Deor. II. 20.; — das griech. Wort ist *Ἀποκατάστασις*, d. h. die Wiederbringung, weil man im Alterthum glaubte, daß nach Verlauf jener großen Periode alle Ereignisse in der politischen und moralischen sowohl, als in der physischen Welt von vorn anheben würden. Vergl. La Lande A. T. II. §. 1574.

§. 50.

Nach einer uralten Gewohnheit theilt man die Ekliptik, den 12 Monaten des Jahres zufolge, vom Frühlingsäquinoctialpunct an in 12 gleiche Theile, die man Zeichen (Signa dodecatemoria, von δωδέκατος, der zwölfte, und μόριον, der Theil) nennt, und jedes Zeichen in 30 Grade ein, daß also auf den ganzen Umfang wieder 360° kommen. Vom Frühlingspuncte bis zum Sommerstillstandspuncte hat man 3 Zeichen, bis zum Herbstpuncte 6 Z., bis zum Winterstillstandspuncte 9 Z., und wieder bis zum Frühlingspuncte 12 Z. Die 6 ersten Zeichen werden die nördlichen, oder die aufsteigenden, die 6 übrigen aber die südlichen, oder die absteigenden genannt. Diese Zeichen bekamen von den 12 Sternbildern des Thierkreises (§. 25.), mit welchen sie ehedem zusammentrafen, vom Frühlingspuncte an nach Osten hingerechnet (oder, wie man sich ausdrückt, nach der Ordnung der Zeichen) die bekannten Namen: Widder, Stier, Zwillinge ꝛc. Allein nur vormals, nämlich vor mehr als 2000 Jahren lag der Frühlingspunct in der Mitte des Widders, daher dieses Sternbild den Anfang machte. Gegenwärtig liegt das Zeichen des Widders in dem Sternbilde der Fische, das Zeichen der Wage in dem Sternbilde der Jungfrau ꝛc. Auch diese Veränderung ist eine Folge von dem Vorrücken der Nachtgleichen. — Indeß hat man die alten Benennungen beybehalten; daher man Zeichen und Sternbild wohl unterscheiden, und einen Stern, welcher in einem gewissen Zeichen, z. B. der Jungfrau steht, in dem vorhergehenden Sternbilde, dem Löwen, suchen muß. — Von der ehemaligen Lage des Aequators in Betrachtung des Thierkreises rührt es noch her, daß der nördliche Wendekreis der Wendekreis des Krebses, und der südliche der Wendekreis des Steinbocks genannt wird; denn in jenen alten Zeiten trat die Sonne zu Anfange des Sommers in das Bild des Krebses (jetzt der Zwillinge), und zu Anfange des Winters in das Bild des Steinbocks (jetzt des Schützen) ein.

Vermöge der obigen Eintheilung der Ekliptik (§. 50.) giebt man die Länge eines Sterns folgendermaßen an: Man nennt das Zeichen, in welchem er steht, und bemerkt noch die Anzahl Grade und deren Theile, von dem Anfange dieses Zeichens an gerechnet, bis zu dem Punct der Ekliptik, wo der durch den Stern gezogene Breitenkreis ihn trifft. Ist z. B. die Länge eines Sterns $36° 25' = 30° + 6° + 25'$; so ist seine Länge $6° 25'$ im Stier ꝛc. Gewöhnlich aber giebt man die Länge dadurch an, daß man die vollen Zeichen, welche auf die Länge gehen, und die noch darüber gehenden Grade und deren Theile zählt; z. B.

			Zeichen.			
$25°$	$13'$	$20''$	$=$	0	$25°$	$13'$ $20''$
39	15	16	$=$	1	9	15 16
183	23	19	$=$	6	3	23 19.

§. 51.

Wir haben die Ekliptik bisher als völlig kreisrund, und die Erde als im Mittelpuncte derselben befindlich angenommen. Genauere Beobachtungen des Sonnenlaufs, unterstützt durch die in astronomischen Fernröhren angebrachten mikrometrischen Vorrichtungen *) und die damit gemessenen täglichen Durchmesser der scheinbaren Sonnenscheibe führen indeß zu einem andern Resultate. Die Zeit von einer Frühlingsnachtgleiche bis zur nächstfolgenden Herbstnachtgleiche ist nämlich um mehr als 7 Tage größer, als die Zeit von der letztern bis wieder zur erstern (also Frühling und Sommer um eben so viele Tage länger, als Herbst und Winter). Die Bewegung der Sonne in der Ekliptik, oder ihre Winkelgeschwindigkeit, (d. h. die Geschwindigkeit, mit der sie einen gewissen Bogen ihrer Bahn, von der Erde aus gesehen, beschreibt) ist also nicht gleichförmig, und wenn sie um die Erde einen Kreis mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschreibt; so kann die Erde wenigstens nicht im Mittelpuncte dieses Kreises seyn, und der durch den Mittelpunct der Erde gezogene Durchmesser desselben

wird die Bahn der Sonne in zwey Halbzirkel theilen, welche in gleichen Zeiten durchlaufen werden. Man findet wirklich die Zwischenzeiten zwischen den Solstitien nur um etwa $\frac{1}{4}$ Tag von einander verschieden, so daß jener Durchmesser nahe durch die Solstitialpuncte gehen muß. Durch Vergleichung einer Reihe von Beobachtungen der Sonne während eines Jahres findet man, daß sie den Bogen von dem Puncte der Länge 3 Zeichen ($3^{Z.}$) $9\frac{1}{2}^{o}$ bis zu dem $9^{Z.}$ $9\frac{1}{2}^{o}$ in derselben Zeit durchläuft, in welcher sie von dem letztern Puncte bis wieder zu dem erstern zurückkommt. An dem letztern dieser Puncte durchläuft sie in einem Tage $1^{o}\ 1'\ 10'', 3$. Zu gleicher Zeit ist ihr scheinbarer Durchmesser am größten, und beträgt $32'\ 35'', 66$; folglich ist sie in diesem Puncte der Erde am nächsten. Er heißt die Erdnähe (Perigaeum, von περὶ, nahe, bey, und γαῖα, die Erde). Von der Erdnähe an nimmt die Geschwindigkeit der Sonne und ihr scheinbarer Durchmesser ab, bis sie zu dem gegenüber liegenden Puncte ihrer Bahn kommt, wo sie in einem Tage $57'\ 11'', 4$ durchläuft. Hier ist ihr scheinbarer Durchmesser eben sowohl als ihre Geschwindigkeit am kleinsten; jener $= 31'\ 30'', 93$. Dieser Punct entspricht also der größten Entfernung der Sonne von der Erde, und heißt die Erdferne (Apogaeum; ἀπὸ, fern). Die beyden Puncte der Erdnähe und Erdferne heißen Apsiden (von ἅψις, curvatura in rotam) und der sie verbindende Durchmesser der Sonnenbahn die Apsidenlinie. — Von der Erdferne an nimmt die Geschwindigkeit und der scheinbare Durchmesser der Sonne wieder eben so zu, wie sie vorher abgenommen hatten, so daß die Sonne auf beyden Seiten der Apsidenlinie in gleichen Abständen von derselben gleiche Geschwindigkeiten und gleiche scheinbare Durchmesser hat. Demnach theilt die Apsidenlinie die Bahn der Sonne um die Erde in zwey gleiche und ähnliche Theile, welche von ihr in gleichen Zeiten beschrieben werden.

Man sieht nun, daß durch die Annahme einer excentrischen Kreisbewegung die veränderliche Geschwindigkeit und die verschiedene scheinbare Größe der Sonne im All-

gemeinen erklärt wird. Aber es bleiben noch Ungleichheiten übrig, die, wie wir bald nachher sehen werden, durch jene Annahme sich nicht aufheben lassen, und daher zu einer andern Bewegung der Sonne, als der kreisförmigen, führen.

Anmerk.

*) Ein Mikrometer (μικρὸς, klein, μέτρον, das Maß) ist eine Vorrichtung in astron. Werkzeugen, wodurch man Gegenstände am Himmel mißt, die unter kleinen Gesichtswinkeln erscheinen, z. B. den Durchmesser der Sonne, des Mondes, der Planeten ꝛc. Die einfachste Vorrichtung dieser Art ist das Schraubenmikrometer. In einem Ringe AB (Fig. 15**) gehen durch zwey Oeffnungen A und B Schrauben, die sich so bewegen lassen, daß ihre Spitzen D und E immer einander gerade gegenüber stehen, oder in dem Durchmesser ACB bleiben. Der Ring ist im Fernrohre so angebracht, daß die Schrauben durch den gemeinschaftlichen Brennpunct der beyden Gläser (§. 2. Anm. 4. aa.,) gehen, wo sich das betrachtete Object abbildet und die Schraubenspitzen deutlich gesehen werden. Man stellt diese Spitzen zuerst in einer beliebigen Entfernung von einander, und läßt das Object von der einen Spitze E nach der Richtung eines Parallels am Himmel zu der andern D hinrücken, oder faßt es genau zwischen beyden Spitzen. Nun nähert man die beyden Spitzen einander bis zur Berührung, und bemerkt die Schraubengänge, welche sich mittelst eines an der Schraube B befestigten Zeigers und einer eingetheilten Scheibe ganz und theilweise abzählen lassen, und berechnet daraus das Bogenstück des Aequators, welches dem Abstande DE entspricht. Auf diese Art mißt man den Raum ab, welchen ein himmlisches Object einnimmt, dessen scheinbarer Durchmesser der Bogen DE ist, oder welchen das Bild des Objects einschließt, das dem Auge in O unter dem Sehewinkel DOE erscheint. — In den Fadenmikrometern werden parallel in dem Ringe ausgespannte Fäden, deren einer beweglich ist, zu gleichem Zwecke, wie die Schrauben, gebraucht. Statt des Ringes kann auch ein Glas dienen, auf dem sehr feine Linien in der gehörigen Lage gezeichnet sind. Bey der Sonne muß man, ihres blendenden Glanzes wegen, noch eine eigene Vorrichtung (Heliometer) haben. — Genauere Belehrungen über die verschiedenen Arten von Mikrometer findet man unter andern in Bürja's Astron., Th. I. 7. Hauptstück.

§. 52.

Von der Kenntniß der zwiefachen Bewegung der Sonne (der gemeinen und der eigenen) hängt die Bestimmung der

Zeit ab, welche, jener doppelten Bewegung gemäß, nach zwey Hauptabschnitten, nämlich nach Tagen und Jahren gerechnet wird.

Die astronomischen Tage dauern von einer mittägigen Culmination der Sonne bis zur nächstfolgenden. Diese Zwischenzeit theilt man in 24 Stunden, welche aber nicht das ganze Jahr hindurch von gleicher Dauer sind. Gesetzt man habe eine vollkommen gleichförmig fortgehende Uhr vor einem Jahre auf 12 Uhr gestellt im Augenblicke des Durchgangs der Sonne durch den Meridian. Nachdem ihr Zeiger so viel mal 24 St. durchlaufen hat, als Tage im Jahre sind, wird sie heute im Augenblicke der obern Culmination der Sonne wieder Mittag zeigen, also gleiche Tage und gleiche Stunden gewiesen haben. Die auf diese Art angegebene Zeit heißt die mittlere Zeit. Vergleichet man den Gang einer solchen Uhr jeden Tag mit dem Durchgang der Sonne durch den Meridian, so wird man finden, daß sich dieser nach der Uhr bald früher, bald später ereignet. Wäre nun eine andere Uhr so eingerichtet, daß sie Mittag zeiget, so oft die Sonne culminirt, so würde sie die wahre Zeit weisen. Dergleichen Uhren sind aber schwer zu verfertigen.

Wir wollen annehmen, jene erstere Uhr werde den 24. December zu Mittage nach der Sonne gestellt. Sie wird von diesem Tage bis zum 15. April gegen die zweyte Uhr, die immerfort die richtige Sonnenzeit weiset, zu geschwind gehen, hernach bis zum 15. Juni zu langsam, dann bis zum 31. August wieder zu geschwind, und endlich bis zum 24. December wieder zu langsam, so daß der größte Unterschied zwischen der mittlern und der wahren Zeit zu Anfange Novembers Statt findet, und etwas über 16 Minuten beträgt. Diese Unterschiede rühren von zweyerley Ursachen her:

1) Von der ungleichen Bewegung der Sonne in der Ekliptik.

Es sey in Fig. 15* HR der Horizont, AE ein Theil des Aequators, AG ein Theil der Ekliptik, SF ein Theil

des Meridians. Ist die Sonne in S, so macht sie Mittag. Gesetzt es seyen 50 Tage verflossen, seit die Sonne im Aequinoctialpuncte A gewesen ist. Bewegte sich die Sonne in der Ekliptik gleichförmig, so müßte sie einen Bogen A G zurückgelegt haben, den man durch die Proportion findet: ein Tag giebt 59′ 8″ (dieß ist nämlich der Bogen, um den die Sonne im Mittel täglich fortrückt), was geben 50 Tage? Nun aber befindet sich die Sonne vermöge ihrer ungleichförmigen Bewegung nicht in G, sondern sie ist um G S zurückgeblieben, und steht in S. Also ist sie schon im Meridian, da sie ihn, wenn ihre Bewegung gleichförmig wäre, nach der mittlern Zeit, noch nicht erreicht haben sollte; d. h. sie geht, nach mittlerer Zeit gerechnet, vor Mittag durch den Meridian. Zu andern Zeiten erfolgt dieser Durchgang nach Mittag —;

2) Von der schrägen Lage der Ekliptik gegen den Aequator.

Wenn von einer Culmination der Sonne bis zur andern immer eine gleiche Zeit vergehen sollte; so wäre es nicht hinlänglich, daß sie in ihrer Bahn einen gleichförmigen Gang hätte, sondern es müßte die Ekliptik mit dem Aequator parallel seyn. Denn die Sonne steht im Meridian, wenn der Endpunct B des Bogens A B, der ihre Rectascension anweiset, dort steht. Wenn also zwischen jedem Sonnenmittage und dem folgenden gleichviel Zeit verstriche; so müßte die Rectascension der Sonne entweder unverändert bleiben, oder doch gleichförmig zunehmen. Im letzten Falle müßte die mit gleichförmiger Bewegung fortrückende Sonne im Aequator selbst, oder in einem Parallelkreise ihren jährlichen Lauf vollführen. Wir wollen setzen, die Sonne bewege sich gleichförmig in der Ekliptik, und sey in 50 Tagen bis G gekommen. Man nehme auf dem Aequator den Bogen A D = A G. Sollte nun der 50ste Sonnenmittag nach der mittlern Zeit richtig eintreffen, so müßte die

Sonne während der verflossenen 50 Tage auch an Rectascension gleichförmig zugenommen haben, und nach D gekommen seyn; und sollte D mit G zugleich culminiren, so müßte der Bogen G D auf den Aequator senkrecht seyn; also wäre der Winkel A D G ein rechter, und da die Seiten A G und A D gleich angenommen werden, so wäre auch der Winkel A G D ein rechter. Nur in dem Falle, wo A G und A D Viertelskreise sind, können in G und D rechte Winkel Statt finden; in allen übrigen Fällen also gehet der Punct D des Aequators nicht zugleich mit dem Puncte G der Ekliptik durch den Meridian, sondern dieser Punct geht im gegenwärtigen Falle früher durch denselben, oder Vormittags, nach mittlerer Zeit gerechnet.

Eben diese Ungleichheit, welche sich an der Sonne finden würde, wenn sie gleichförmig in der Ekliptik fortrückte, findet sich auch in ihrer ungleichförmigen Bewegung. Sie sey in S. Nimmt man A C = A S, so geht mit dem Bogen A S nicht der Bogen A C des Aequators, sondern nur der Bogen A B durch den Meridian; also kommt die Sonne früher in den Meridian, als wenn sie im Aequator wäre.

Es besteht folglich der Unterschied zwischen der mittlern und wahren Zeit aus zwey Stücken: nämlich dem Unterschiede S G oder C D, in Stundentheilen gerechnet, und dem Unterschiede B C oder A C — A B, oder A S — A B. Viermal im Jahre heben sich beyde Unterschiede, indem der eine positiv, der andere negativ, und beyde gleich an Quantität werden; sonst heben sie sich nur zum Theil, oder sie werden addirt, indem sie einerley Zeichen haben.

§. 53.

Die Astronomen bedienen sich bey ihren Rechnungen der mittlern Zeit, weil diese gleichförmig fortgeht. Den Unterschied zwischen der mittlern und der wahren Zeit nennen sie die Zeitgleichung, worüber man in Kalendern, und noch vollständiger in astronomischen Ephemeriden Tabellen (z. B. in der Par. Connoiss. d. T., und in den Berl. astronom.

Jahrbüchern unter der Aufschrift: Tems moyen au vrai midi, mittlere Zeit im wahren Mittage) findet. Aus solchen Tabellen kann man also ersehen, was eine gleichförmig nach mittlerer Zeit gehende Uhr zeigen muß, wenn die Sonne durch den Meridian geht, folglich ein richtiger Sonnenzeiger die 12te St. weiset.

In gegenwärtigem Jahre (1821) ereignet sich der wahre Mittag nach der mittlern Zeit

den	11.	Febr.	um	12 U.	14′	36″, 7.
—	16.	April	—	11 —	59	48, 4.
—	16.	May	—	11 —	56	3, 6.
—	16.	Juni	—	12 —	0	10, 6.
—	27.	Juli	—	12 —	6	6, 8.
—	31.	Aug.	—	12 —	0	11, 1.
—	3.	Nov.	—	11 —	43	0.
—	25.	Dec.	—	12 —	0	23, 0.

In andern Jahren ist die Gleichung der Zeit wegen des Vorrückens der Nachtgleichen ꝛc. bis auf kleine Unterschiede dieselbe.

§. 54.

Die Zeit von der Culmination eines Sterns bis zur nächsten, oder die Zeit einer einmaligen Umwälzung der Himmelssphäre heißt ein Sterntag (§. 6.), und wird in 24 Sternstunden eingetheilt, deren jede 60 Min. ꝛc. enthält. Eine nach solcher Zeit regulirte Uhr (Sternuhr) muß also 24 Stunden zählen, oder ihr Secundenpendel muß 86400 Schwingungen während der Zeit machen, da die Sphäre sich einmal umdreht, oder da $360° = 1296000''$ des Aequators und jedes Parallels durch den Meridian gehen. In einer Stunde gehen daher $\frac{360}{24} = 15°$ durch den Meridan; in einer Minute 15′, in einer Sec. 15″; in 4 Sec. 1′; in 4 Min. 1°; in 12 St. 180° ꝛc., welches alles, wegen der Gleichförmigkeit der täglichen Bewegung, durch eine bloße Regel de Tri gefunden wird. — Wegen

der Zurückweichung der Aequinoctialpuncte gebraucht ein Stern zwar mehr Zeit zu einem täglichen Umlauf, als ein Punct des Aequators; da dieß aber im ganzen Jahre nur 50″, 1 beträgt (§. 48.); so ist der Unterschied, den die Präcession in der Sternzeit verursacht, nach mehrern Monaten noch nicht merklich.

Man bedient sich der Sternzeit zur Bestimmung der Rectascensionen der Sterne (§. 21.), und stellt deswegen die Sternuhr so, daß sie o St. oder 24 St. zeigt, wenn der Frühlings-Aequinoctialpunct culminirt. Im Augenblick des Durchgangs eines Sterns durch den Meridian wird also die Sternuhr unmittelbar die Rectascension des Sterns in Zeit angeben, welche man in Grade ꝛc. verwandelt, indem man auf 1 St. 15°, auf 1 Min. 15′ im Bogen ꝛc. rechnet. Man wird auch hinwiederum die Uhr nach Sternzeit richten können, wenn man die Rectascension eines Sterns bereits kennt. Sie wird nämlich im Augenblick der Culmination des Sterns seine in Zeit verwandelte Rectascension angeben müssen; zeigt nun die Uhr mehr oder weniger, so wird durch diese Beobachtung die Voreilung der Uhr oder ihr Zurückbleiben in Beziehung auf Sternzeit gegeben seyn.

So bequem die Sternzeit zu astronomischem Gebrauch ist, so wenig schickt sie sich zu einem Zeitmaße für das gemeine Leben, weil ein Sterntag im Frühlinge des Mittags, im Sommer des Morgens, im Herbste um Mitternacht, und im Winter des Abends anfangen würde. Für die bürgerlichen Geschäfte, die in der Regel mit dem Tageslaufe, dem Erscheinen und Verschwinden der Sonne gemäß, anfangen und aufhören, ist daher der Sonnentag das natürlichste und bequemste Zeitmaß.

§. 55.

Die Zeit, in welcher die Sonne vermöge ihrer eigenen Bewegung einen ganzen Umlauf an der Himmelssphäre macht, heißt überhaupt ein Jahr. Bezieht man diesen

Umlauf auf die Aequinoctialpuncte, so entsteht das tropische Jahr (eigentlich in Beziehung auf die Wendekreise, Tropici, so genannt); welches also den Zeitraum zwischen zwey aufeinander folgenden, gleichnamigen Nachtgleichen (oder auch Sonnenwenden) umfaßt. Man findet es aus der Vergleichung zweyer beobachteter Aequinoctien = 365 T. 5 St. 48 Min. 48 Sec. — Es giebt aber auch noch ein siderisches Jahr. Am Ende eines tropischen Jahres hat nämlich die Sonne zwar wieder denselben Grad der Länge erreicht, den sie zu Anfange desselben hatte; allein die Länge aller Sterne hat in dieser Zeit um 50″, 1 zugenommen (§. 48.). Die Sonne wird demnach am Ende des tropischen Jahrs um 50″, 1 weiter nach Westen von jedem Stern entfernt seyn, als sie im Anfange war; sie hat also in einem tropischen Jahre, in Absicht auf die Fixsterne, keinen vollkommnen Umlauf gemacht, sondern nur 360° weniger 50″, 1 durchlaufen. Man findet demnach die Zeit eines ganzen Umlaufs in Absicht auf die Fixsterne durch die Proportion: 360° — 50″, 1 : 360°, wie das tropische Jahr zum Sternjahre, d. i. 1295949, 9 : 1296000 = 365 T. 5 St. 48′ 48″ : 365 T. 6 St. 9′ 8″, welches die Länge des siderischen Jahres ist, wenn das jährliche Zurückweichen der Aequinoctialpuncte = 50″, 1 angenommen wird.

§. 56.

Von der tropischen Umlaufszeit der Sonne hängen die Jahreszeiten ab. Man bedient sich daher derselben in der Zeitrechnung schlechtweg unter der Benennung eines Jahres, und giebt ihm in runder Zahl 365 Tage. Rechnete man nun das bürgerliche Jahr durchgehends zu 365 T., so würde der Anfang des Jahres beständig um 5 St. 48′ 48″ zu früh gesetzt, und er würde nach und nach in einer Periode von 1508 Jahren alle Jahreszeiten rückwärts durchlaufen. Man schaltet daher alle 4 Jahre einen Tag ein (Schaltjahr; Schalttag), wodurch das bürgerliche Jahr auf $365\frac{1}{4}$ T. gesetzt wird. Nun rechnet man aber mit jedem Jahre 11′ 12″

zu viel, welches man dadurch wieder ausgleicht, daß man am Ende dreyer auf einander folgender Jahrhunderte das Einschalten eines Tages unterläßt, und erst am Ende des vierten Jahrhunderts wieder einen Schalttag setzt, wodurch das Jahr auf $365\frac{1}{4} - 365\frac{97}{400}$ Tage, d. i. auf 365 T. 5 St. 49′ 12″ gebracht wird. Den Ueberschuß 20″, 4 dieses Jahres über das tropische kann man wieder ausgleichen, indem man alle 4000 Jahre einen Schalttag wegläßt, so daß auf 4000 Jahre 969 Schalttage kommen, und das Jahr $= 365\frac{969}{4000}$ T. = 365 T. 5 St. 48′ 50″, 4 wird.

§. 57.

Vergleicht man die Sternzeit mit der mittlern Sonnenzeit, so ergiebt sich Folgendes: 24 St. mittl. Sonnenzeit sind = 24 St. 3′ 56″, 55 Sternzeit; woraus durch die Regel de Tri folgt, daß 24 St. Sternzeit = 23 St. 56′ 4″, 1 = 24 St. — 3′ 55″, 9 mittl. Sonnenzeit sind. Der mittlere Sonnentag ist also um 3′ $56\frac{1}{2}$″ Sternzeit länger als der Sterntag; der Sterntag ist um 3′ 55″, 9 mittl. Sonnenzeit kürzer als der mittl. Sonnentag, und in 23 St. 56′ 4″ mittl. Sonnenzeit macht die Himmelssphäre einen ganzen Umschwung. Diese Verhältnisse sind hinlänglich, jede mittlere Sonnenzeit in Sternzeit, und umgekehrt, zu verwandeln. Die Regel de Tri giebt nämlich folgende Vergleichungen: 1 St. mittl. Sonnenzeit ist = 1 St. 9″, 85 Sternzeit; 1 St. Sternzeit ist = 59′ 50″, 17 Sonnenzeit ꝛc.

§. 58.

Aus der bekannten Länge des tropischen Jahres (§. 55.) läßt sich die mittlere Bewegung der Sonne (vergl. §. 51.) für jeden angenommenen Zeitraum, z. B. für 1 Tag, 1 St. u. s. w. leicht berechnen. Es verhält sich nämlich ein tropisches Jahr zu einem Tage, wie 360° zur mittlern täglichen Bewegung. Da also die Länge des tropischen Jahres

= 365 T. 5 St. 48′ 48″ = 31556928″ ist, und 360° = 1296000″ sind; so ist

31556928 : 86400 = 1296000″ : 3548″, 33018 = 59′ 8$\frac{1}{3}$″.

Die mittlere tägliche Bewegung der Sonne beträgt also 59′ 8$\frac{1}{3}$″. Der 24ste Theil hiervon giebt die mittlere stündliche Bewegung = 2′ 27″, 8471 = 2′ 27$\frac{5}{6}$″. Dividirt man dieß durch 60, so erhält man die mittlere Bewegung in einer Minute = 2″, 464 = 2$\frac{1}{3}$″, und in einer Sec. = 0″, 041 = $\frac{1}{25}$″. Auf eben die Art findet man, daß die Sonne in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen (§. 56.) 359° 45′ 40″, 5 und in einem Schaltjahre von 366 Tagen 360° 44′ 48″, 8 ihrer Bahn durchläuft. Durch die umgekehrte Proportion findet man die Zeit, die die Sonne nach ihrer mittlern Bewegung gebraucht, jeden Bogen ihrer Bahn zu durchlaufen. Sie gebraucht z. B. etwas mehr als 24 Sec. zu 1″; sie gebraucht 24 Min. 21 Sec. zu 1′; 24 St. 20 Min. 58 Sec. zu 1°, und 365 T. 5 St. 48 Min. 48 Sec., um einen ganzen Umlauf von 360° zu machen.

§. 59.

Wir kehren jetzt zur Untersuchung des wahren Laufs der Sonne zurück.

Die Sonne beschreibe mit gleichförmiger Geschwindigkeit einen excentrischen Kreis um die Erde T (§. 51.), wie in Fig. 16., wo ABPD die Ekliptik, C der Mittelpunct des Kreises, T der Ort der Erde ist. A ist das Apogäum, P das Perigäum, AP die Apsidenlinie, CT die Excentricität. In jedem Puncte S, wo sich die Sonne befindet, erscheint sie von der Erde T aus in der Linie TS (man nennt sie den Radius Vector) vom Mittelpuncte C aber, um den die Bewegung gleichförmig angenommen wird, in der Linie CS. Die gleichförmige Bewegung heißt auch die mittlere, so wie der Ort, den der Weltkörper vermöge derselben einnimmt, der mittlere Ort

genannt wird. Für die Sonne ist also der mittlere Ort, oder die mittlere Länge, die Linie CS, die wahre hingegen die Linie TS. Beyder Unterschied ist der Winkel CST; dieser Winkel heißt die Gleichung der Sonne, oder die Gleichung des Mittelpuncts. Er wächst und nimmt ab, wenn man den Punct S nebst den Linien CS, TS um den ganzen Kreisumfang herumführt; in B und D ist er am größten (CBT = CDT), und in A und P wieder Null, weil hier beyde Linien CA, TA, und CP, TP zusammenfallen. Da also die Gleichung eben sowohl als die Entfernung in jedem Puncte S von der Lage dieses Puncts gegen die Apsiden abhängt; so ist die Bestimmung dieser Lage von der größten Wichtigkeit. Man zählt von der Sonnenferne A nach der Ordnung der Zeichen ASBPDA bis 360° fort, und nennt die Entfernung S der Sonne von A die Anomalie, die, gleich der Länge, auf doppelte Art, nämlich nach der mittlern und der wahren Bewegung gerechnet werden kann; daher heißt der W. ACS die mittlere, und ATS die wahre Anomalie. Jene nimmt gleichförmig zu, diese ungleichförmig. Der Unterschied zwischen beyden ist ebenfalls die Gleichung des Mittelpuncts CST; und zwar ist in den ersten 180° der Anomalie ABP die mittlere Anomalie und Länge immer größer als die wahre, in den letzten 180° aber PDA ist die wahre (180° + PTD) größer als die mittlere (180° + PCD).

Da in den Apsiden A und B die mittlere Anomalie der wahren gleich, im ersten Halbkreise ABP aber größer, im letzten PDA kleiner ist; so muß von A an die mittlere Anomalie schneller zunehmen, als die wahre, die mittlere Bewegung oder Geschwindigkeit muß von A an größer seyn als die wahre, und zwar so lange, als der Ueberschuß der mittlern Anomalie über die wahre, oder die Gleichung CST noch wächst, also bis B. Nun nimmt dieser Ueberschuß wieder ab, welches beweiset, daß nun die wahre Geschwindigkeit größer wird als die mittlere, daß also in B beyde gleich waren. Im andern Halbkreise erfolgt alles in verkehrter Ordnung. Von P bis D ist die wahre Geschwin-

digkeit größer als die mittlere, von D bis A kleiner. Es folgt hieraus zugleich, daß die wahre Geschwindigkeit von A bis P zu-, von P bis A abnimmt, also in A den kleinsten, in P den größten Werth hat; welches auch daraus erhellet, daß die sich immer gleichen Kreisbogen AS, welche die mittlere Bewegung vorstellen, in T unter desto größern Winkeln erscheinen, je näher sie T kommen.

§. 60.

Durch eine Reihe von Beobachtungen der Sonne kann man die Lage ihrer Apsidenlinie AP (Fig. 16.) und ihres Durchgangs durch dieselbe finden. Da jeder Kreis nur durch einen Durchmesser in 2 gleiche Hälften getheilt werden kann; so wird eine Linie durch T nur dann die Sonnenbahn so eintheilen, wenn sie durch den Mittelpunct C geht, also mit der Apsidenlinie zusammenfällt. Jede andere Linie STU, BTD, theilt die Bahn in zwey Theile, die desto ungleicher sind, je weiter die Linie STU sich von der Apsidenlinie entfernt, und zwar so, daß die Erdferne A immer in die größere Hälfte, die Erdnähe P aber in die kleinere fällt. Aus eben dem Grunde werden die beyden Bogen, in welche die Sonnenbahn durch eine gerade Linie aus T getheilt wird, nur dann von der Sonne in gleichen Zeiten durchlaufen werden, wenn diese Linie die Apsidenlinie selbst ist; in jedem andern Falle wird der Bogen UAS, in dem die Erdferne liegt, obgleich U und S in T 180° von einander entfernt scheinen, in größerer Zeit durchlaufen, als der andere Bogen SPU. Wenn demnach die Sonne im Laufe eines Jahres täglich beobachtet ist, und man alle beobachtete Längen, die 180° von einander entfernt sind, wie S und U, E und F, B und D, G und H ꝛc., mit den Zwischenzeiten vergleicht; so wird man bald die Lage der Apsiden AP entdecken. Je größer nämlich der Unterschied der Zeiten von S bis U und von U bis S ist, desto weiter liegen die Puncte S, U von den Apsiden. Finden sich wirklich darunter zwey Beobachtungen, wie A und P, wo die Zwi-

schenzeit genau ein halbes Jahr war; so können diese keine andere Puncte seyn, als die Apsiden, deren Lage also unmittelbar beobachtet ist. Finden sich zwey Beobachtungen, wie B und D, wo der Unterschied der Zeiten durch BPD und DAB am allergrößten war; so können dieß keine andern Puncte als die der mittlern Geschwindigkeit BD (§. 59.) seyn, und die Lage der Apsidenlinie ist unmittelbar beobachtet, weil sie die Linie BD senkrecht schneidet. Finden sich zwey Beobachtungen E, F, wo der Unterschied der Zeiten durch EPF und FAE genau eben so groß ist, als bey zwey andern Beobachtungen G, H; so haben die Linien EF und GH gleiche Entfernungen von der Apsidenlinie, die also in die Mitte zwischen beyden in AP fällt, so daß HA = AE ist. Findet endlich keiner von allen diesen Fällen Statt; so nimmt man diejenigen zwey Beobachtungen S, U, wo der Unterschied der Zwischenzeiten am kleinsten ist, die also der Apsidenlinie am nächsten liegen. Wenn nun auch gleich beyde Beobachtungen S, U, nicht genau 180° von einander entfernt sind, sondern die eine in u gemacht ist; so kann man doch, da die Sonne täglich beobachtet ist, durch ihre täglichen Bewegungen in S und u, sowohl u auf den Punct U, der S gerade gegenüber liegt, als beyde, S und U, auf die Apsiden A, P reduciren, indem man S und U immer um gleichviel verrückt, so daß sie immer um 180° entfernt bleiben, zugleich aber die Zeiten der Beobachtungen, nach dem Verhältniß der täglichen Bewegungen in S und U, und des Bogens, um den sie verrückt sind, ändert, bis die Zwischenzeit genau einem halben Jahre gleich ist: da dann die so geänderte Beobachtung in S nicht allein die Länge der Erdferne, sondern auch die Zeit des Durchgangs der Sonne durch dieselbe giebt.

§. 61.

Aus der Vergleichung weit von einander entfernter Beobachtungen ergiebt sich, daß die Apsidenlinie der Sonne keine feste Lage, sondern eine langsame rechtgängige Bewe-

gung hat, welche in 100 Jahren in Beziehung auf die Aequinoctialpuncte 1° 43′ 11″, und in Beziehung auf die Fixsterne 19′ 41″ beträgt. Die hierauf sich beziehende Umlaufszeit der Sonne, d. h. die Zeit eines Durchgangs derselben durch die Erdferne bis zum nächsten, nach deren Verlauf die Ungleichheiten (Anomalien) ihrer Bewegung in derselben Ordnung wiederkehren, heißt der anomalistische Umlauf (anomal. Jahr), der also von der tropischen und siderischen Umlaufszeit (§. 55.) unterschieden werden muß. Der Unterschied zwischen dem tropischen und dem anomalistischen Jahre ist = 25′ 7″, 5; daher ist das letztere = 365 T. 6 St. 13′ 55″, 5.

Um nun diese Bewegung der Apsidenlinie bey Bestimmung ihrer Lage in Rechnung zu bringen, muß man 1), statt die Zeit zu suchen, welche die Sonne gebraucht, um an den gegenüber liegenden Punct ihrer Bahn zu kommen, diejenige Zeit suchen, welche sie gebraucht, um 18° und noch den in der Zwischenzeit von der Apsidenlinie beschriebenem Winkel zurückzulegen; 2) muß man statt der halben tropischen Umlaufszeit die halbe anomalistische Umlaufszeit gebrauchen, und daher durch weit von einander entfernte Beobachtungen die Bewegung der Apsidenlinie, auf welche der Fehler der Berechnung sowohl als der Beobachtungen keinen großen Einfluß haben kann, bestimmen.

§. 62.

Aus der mittlern Anomalie ACS (Fig. 16.), welche für jede gegebene Zeit mittelst der Durchgangszeit der Sonne durch das Apogäum A und ihrer Umlaufszeit leicht gefunden werden kann, läßt sich die Gleichung des Mittelpuncts ꝛc. berechnen. Man kennt nämlich im Dreyeck CST den Halbmesser des excentrischen Kreises CS, die Excentricität CT, und den eingeschlossenen Winkel SCT = 180° — ACS, woraus man sowohl die wahre Anomalie CTS und die Gleichung des Mittelpuncts CST, als die wahre Entfernung TS, oder den Radius Vector, trigonometrisch herleitet.

Hat man die Lage der Apsidenlinie und die größte Gleichung des Mittelpuncts gefunden; so ist man im Stande, zu untersuchen, ob sich die Bewegung der Sonne durch eine gleichförmige, aber excentrische Bewegung darstellen lasse. Das Resultat der Untersuchung fällt sehr erträglich aus, und stimmt mit den Beobachtungen ziemlich nahe überein; daher auch die alten Astronomen, welche so kleine Unterschiede, als die heutigen Beobachtungen geben, nicht bemerken konnten, die gleichförmige excentrische Kreisbewegung der Sonne um einen außerhalb ihres Mittelpuncts liegenden Punct beybehielten. Allein es zeigen sich sehr beträchtliche Unterschiede, wenn man die scheinbaren Halbmesser der Sonne, welche den verschiedenen Entfernungen der Sonne von der Erde zugehören, mit den Beobachtungen vergleicht. Es verhält sich der scheinbare Halbmesser der Sonne in der Erdnähe zu ihrem scheinbaren Halbmesser in der Erdferne wie

$$AT : TP \text{ (Fig. 16.)} = AC + CT : \begin{Bmatrix} CP - CT \\ AC - CT \end{Bmatrix};$$

d. h. wie 1, 0336 : 0, 9664. Mithin müßte, wenn der scheinbare Sonnendurchmesser in der Erdnähe = 32′ 35″, 66 ist, der scheinbare Durchmesser in der Erdferne = 30′ 28″, 5 seyn, da er doch nach den Beobachtungen (§. 51.) 31, 30″, 93 ist. Man muß also, um die Veränderungen des scheinbaren Durchmessers der Sonne mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen, die vorher gefundene Excentricität TC vermindern. Man bezeichne die Durchmesser der Sonne im Perigäo und im Apogäo mit D und d; so wird man haben $D : d = AT : TP$, und $D + d : D - d = AT + TP : AT - TP = AP : 2\,CT = AC : CT$, und wenn man die wahren Werthe von D und d (nach §. 51.) in die Proportion setzt, $AC : CT = 1 : 0,0168$. Demnach darf man die Excentricität nur etwa halb so groß nehmen, als sie aus der größten Mittelpunctsgleichung unter der gemachten Voraussetzung einer gleichförmigen Kreisbewegung folgt. Alsdann wird aber die Gleichung des Mittelpuncts, welche die Rechnung = 1° 55′ 32″ gegeben hat, ebenfalls nahe auf die Hälfte dieses Werths herabgesetzt;

folglich wird man, wenn die kreisförmige Bahn beybehalten werden soll, wenigstens annehmen müssen, daß die Bewegung im Kreise selbst ungleichförmig sey, so daß die Ungleichheiten der Bewegung der Sonne eine scheinbare (optische) und eine wirkliche (physische) Ursache zugleich haben. Eben dieses ergiebt sich auch unmittelbar aus der Vergleichung der täglichen Bewegungen der Sonne mit ihren scheinbaren Durchmessern im Perigäo und Apogäo. Wenn nämlich die Bahn der Sonne die Apsidenlinie rechtwinklicht durchschneidet, und die Ursache der Ungleichheiten ihrer Bewegung bloß scheinbar ist; so müssen ihre täglichen Bewegungen in der Erdnähe und Erdferne mit ihren Abständen von der Erde in einem umgekehrten, und mit ihren scheinbaren Durchmessern in einem geraden Verhältnisse stehen. Folglich müßte sich nach den oben (in §. 51.) angegebenen täglichen Bewegungen und Durchmessern der Sonne verhalten 32′ 35″, 66 zu 31′ 30″, 93 wie 1° 1′ 10″, 3 zu der täglichen Bewegung der Sonne in der Erdferne, und diese müßte hiernach = 59′ 8″, 8 seyn. Sie ist aber nur = 57′ 11″, 4; mithin wird durch die größere Entfernung die tägliche scheinbare Bewegung der Sonne nur um 2′ 1″, 5 vermindert, und es bleiben noch 1′ 57″, 4 übrig, um welche sie noch überdieß muß vermindert werden, damit sie mit der beobachteten übereinstimme.

§. 63.

Um eine bessere Uebereinstimmung zu erhalten, kann man die bisherige Annahme der excentrischen Kreisbewegung der Sonne dahin abändern, daß man die Sonne nicht um den Mittelpunkt C (Fig. 16*) des Kreises AMPLA, sondern um den Punct F, der in der Apsidenlinie AP auf der andern Seite von C eben so weit entfernt ist, als die Erde T, gleichförmig sich bewegen läßt, so daß in gleichen Zeiten immer gleiche Winkel um F beschrieben werden, oder daß die Winkel den Zeiten proportional sind. Auf diese Art werden die in der Nähe des Perigäi P in einer gewissen Zeit beschrie-

benen Bogen größer seyn als diejenigen, welche die Sonne in eben dieser Zeit in der Nähe des Apogäi A durchläuft; ihre Bewegung wird daher, aus dem Mittelpuncte des Kreises C gesehen, ungleichförmig erscheinen. Zieht man an den Ort der Sonne M die Linien FM, CM, TM; so läßt sich die Ungleichheit ihrer Bewegung in die wirkliche CMF, und in die scheinbare CMT, zerlegen, und die ganze Gleichung des Mittelpuncts wird der Summe von beyden, nämlich dem W. TMF gleich seyn. In P und A wird die Gleichung des Mittelpuncts verschwinden, und wenn CM auf die Apsidenlinie AP senkrecht zu stehen kommt, wie in L, am größten werden. Denn es ist das Dreyeck TLF gleichschenklicht; ein um dasselbe beschriebener Kreis berührt die Sonnenbahn in L, und fällt ganz innerhalb derselben. Folglich fällt jeder von L verschiedene Ort N der Sonne außerhalb des um das Dreyeck TFL beschriebenen Kreises, und die von F und T an N gezogenen geraden Linien FN, TN schließen einen Winkel FNT ein, welcher kleiner als der in dem Kreisabschnitt liegende FnT oder FLT ist. Durch die größte Mittelpunctsgleichung FLT ist also das Verhältniß der Excentricität CT zu dem mittlern Abstand CL oder CA gegeben, weil in dem rechtwinklichten Dreyeck TCL der W. CLT = der halben größten Gleichung des Mittelpuncts gegeben ist. Hat man diese gefunden; so kann man leicht für jede gegebene Zeit den wahren Ort der Sonne berechnen. Man sucht zuerst die mittlere Anomalie PFM, indem man schließt: wie sich verhält die siderische Umlaufszeit der Sonne zu der Zwischenzeit zwischen ihrem nächstvorhergehenden Durchgange durch die Erdnähe und dem vorgegebenen Zeitpunct, so verhalten sich 360° zu einem Winkel, welchen man um die siderische Bewegung der Apsidenlinie in der Zwischenzeit zu vermindern oder zu vermehren hat, je nachdem sie mit der Bewegung der Sonne einerley oder eine verschiedene Richtung hat. In dem Dreyeck CFM kennt man das Verhältniß von CM : CF und den W. CFM, welcher der größern Seite CM gegenüber liegt, und hieraus findet

sich der W. CMF oder die wirkliche Ungleichheit. In dem Dreyeck TCM kennt man das Verhältniß von CM zu CT und den Zwischenwinkel TCM = PFM + FMC, woraus man den W. TMC oder die scheinbare Ungleichheit erhält. Folglich hat man die Gleichung des Mittelpuncts TMF = TMC + CMF und die wahre Anomalie PTM = PFM + TMF. Endlich kann man in dem letztern Dreyeck TCM das Verhältniß von TM zu MC oder zu der mittlern Entfernung der Sonne CA = CP finden. — Aus der größten Gleichung des Mittelpuncts ergiebt sich die Excentricität CT = 0,016805, gleich derjenigen, welche aus den scheinbaren Sonnendurchmessern im Perigäo und Apogäo folgt (§. 62.). Sodann erhält man für die mittlere Anomalie, wenn sie = 45° gefunden worden ist, die wirkliche Ungleichheit CMF = 40′ 51″, und die scheinbare = CMT = 41′ 49″, 35; und hieraus die Gleichung des Mittelpuncts = 1° 22′ 40″, 35, welche nach den Beobachtungen = 1° 22′ 54″, 9 seyn sollte. Der Fehler beträgt also nur noch 14″, 55 bey einer mittlern Anomalie von 45°. Wenn diese 145° beträgt; so wird der Fehler wiederum nahe von der vorigen Größe, in den übrigen Puncten dieser Hälfte der Bahn wieder noch kleiner gefunden; und eben so verhält es sich in der andern Hälfte der Sonnenbahn. Mithin sind dadurch, daß man die Kreisbewegung selbst als ungleichförmig angenommen, und die Entfernungen der Sonne von der Erde mit den beobachteten Veränderungen des scheinbaren Sonnendurchmessers in Uebereinstimmung gebracht hat, die Fehler, die bey der Annahme einer gleichförmigen Kreisbewegung übrig blieben, noch bedeutend vermindert worden.

Indeß hebt die Kreisbewegung, von welcher Art sie auch seyn möge, die Widersprüche zwischen der Rechnung und den Beobachtungen nie ganz auf; daher muß eine andere krumme Linie angenommen werden, in welcher die Sonne ihren Lauf um die Erde vollführt.

§. 64.

Die einfachste, am wenigsten von dem Kreise abweichende krumme Linie ist die Ellipse. [1]) In einer solchen, AFPA (Fig. 3.) laufe die Sonne um die Erde, welche in dem einen Brennpuncte M stehet. C ist der Mittelpunct, ACP die große Axe oder die Apsidenlinie, P das Perigäum, A das Apogäum; CM ist auch hier die Excentricität. In a und p hat die Sonne ihre mittlere Entfernung von der Erde, da nach den Eigenschaften der Ellipse Ma oder Mp = AC = PC = $\frac{1}{2}$ AP ist.

Nach der im vorigen §. erklärten Hypothese verhalten sich die wahren Winkelgeschwindigkeiten der Sonne im Perigäo und Apogäo, oder die in gleichen Zeiten bey den Apsiden durchlaufenen Bogen Rr, Tt, wie die Entfernungen PM, AM. Wenn nun Rr zweymal (oder überhaupt n mal) so groß als Tt, oder Tt = $\frac{1}{2}$ Rr $\left[\frac{1}{n}\text{ Rr}\right]$ ist; so durchläuft die Sonne bey P in der halben Zeit (in dem nten Theil) die Hälfte (den nten Theil) von dem Bogen Rr, den sie in der ganzen Zeit durchläuft, d. i. $\frac{1}{2}$ Rr $\left[\frac{1}{n}\text{ Rr}\right]$, oder einen Bogen, der Tt gleich ist. Folglich verhalten sich die Zeiten, worin gleiche Bogen Tt oder $\frac{\text{Rr}}{2}$ $\left[\frac{\text{Rr}}{n}\right]$ bey A und P durchlaufen werden, wie 1 zu $\frac{1}{2}$ $\left[1 : \frac{1}{n}\right]$, mithin wie Rr : Tt, oder wie AM : PM, d. h. wie die Entfernungen selbst. Nimmt man die Bogen so klein, daß man sie fast für gerade Linien halten kann, so sind, wie die Elementargeometrie beweist, die Dreyecke RMr, TMt an Flächenraum einander gleich. Dieser Satz, der in den Apsiden vollkommen richtig ist, läßt sich auf die ganze Bahn ausdehnen, so daß, wenn irgend zwey Bogen BD, FG in gleichen Zeiten beschrieben werden, die Flächenräume [2]) BMD, FMG einander gleich

sind. Nach diesem Gesetze verhält sich die Umlaufszeit der Sonne, da sie von einem Puncte ihrer Bahn, wie dem Apogäo A, zu einem andern F kommt, wie die ganze Fläche der elliptischen Bahn zu dem Flächenraume AMFA. Dieser Raum ist also der Zeit proportional, und drückt nunmehr die mittlere Anomalie aus; die wahre bleibt der Winkel AMF.

Die elliptische Laufbahn der Sonne weicht aber von dem Kreise nur wenig ab, weit weniger, als die Figur zu erkennen giebt. Denn das Verhältniß der Excentricität CM zur mittlern Entfernung Ma, oder zur halben großen Axe PC ist nur 0,01685318 : 1,00000000; oder die Excentricität beträgt in kleinern Zahlen 168 solcher Theile, deren die halbe große Axe 10000 hält; oder sie kommt ungefähr dem 59sten Theil der mittlern Entfernung der Sonne von der Erde gleich.

Anmerk.

1) Die Ellipse ist ein Kegelschnitt, und entsteht, wenn ein geometrischer Kegel dergestalt schief durchschnitten wird, daß der Schnitt an beyden Seiten durchgeht. Eine solche krumme Linie ist AFPBA in Fig. 3. Ihre Eigenschaften und genauern Berechnungen enthalten die mathematischen Lehrbücher. Man s. unter andern Klügel's mathematisches Wörterbuch, II. Th. unter dem Worte: Ellipse. Hier nur das Nöthigste von ihr. — In jeder Ellipse giebt es einen Punct C (Fig. 3.) der die Eigenschaft hat, daß alle durch ihn gezogenen Sehnen AP, ap, no, nicht allein in zwey gleiche Theile CA = CP, Ca = Cp, Cn = Co, getheilt werden, sondern auch selbst die Ellipse in zwey gleiche und ähnliche Hälften, AGP und ADP, aAp und aPp, oBn, und oRn theilen. Dieser Punct C heißt daher der Mittelpunct der Ellipse, und alle Sehnen durch C heißen Durchmesser, unter denen der größte und kleinste AP, ap, die senkrecht auf einander stehen, die Axen, und zwar AP die große, und ap die kleine Axe der Ellipse, genannt werden. Alle mit der kleinen Axe ap parallelen Sehnen werden von der großen Axe AP halbirt. In der großen Axe giebt es zu beyden Seiten des Mittelpuncts, in gleichen Entfernungen, zwey Puncte M und m, welche in folgenden Rücksichten sehr bemerkenswerth sind. a) Sie sind die einzigen, deren Entfernung von jedem Puncte F der Ellipse sich auf eine sehr einfache Art ausdrücken läßt. b) Die Summe beyder Entfernungen MF + mF von jedem Puncte der Ellipse

ist beständig der großen Axe AP gleich; und hierauf gründet sich die bekannte Methode, eine Ellipse zu zeichnen, indem man einen Faden MFm um zwey Stifte (Nadeln) M, m, schlägt, jenen mit einem dritten Stifte (einem Beystifte ꝛc.) ausspannt und diesen im Winkel des Fadens F rund herumführt. c) Hieraus folgt zugleich, daß ihre Entfernungen von den Endpuncten der kleinen Axe a, p, nämlich Ma = ma, der halben großen Axe CA = CP gleich sind, weil beyde zusammen die ganze Axe ausmachen. d) Beyde Linien MF und mF machen in jedem Punct F mit der Berührungslinie GO gleiche Winkel GFM = OFm, so daß, wenn eine spiegelnde Ebene nach der Figur der Ellipse gekrümmt und senkrecht auf die Fläche derselben gesetzt würde, alle Lichtstrahlen, die von einem dieser Puncte ausfahren, durch die Reflexion an der spiegelnden Ebene in dem andern Puncte gesammelt werden; daher haben diese Puncte M, m, den Namen der Brennpuncte erhalten. Ihre Entfernung von dem Mittelpuncte der Ellipse, CM = Cm, heißt die Excentricität. Je näher die Brennpuncte bey einander liegen, desto geringer ist die Excentricität, und desto mehr nähert sich die Ellipse dem Kreise, in welchem beyde mit dem Mittelpuncte zusammenfallen. Je weiter sie aber von einander stehen, desto länglicher (ausgestreckter) wird die Ellipse, desto größer ihre Excentricität. — Die wichtigste Eigenschaft der Ellipse, woraus sich alle übrigen herleiten lassen, ist diese: Wenn man aus irgend einem Puncte W des Kreises, den man um die große Axe AP aus C beschreibt, eine Linie Wz senkrecht auf die große Axe zieht, welche die Ellipse in w trifft; so ist beständig Wz: wz = NC : aC, d. i. wie die große Axe zur kleinen.

2) Zu größerer Veranschaulichung sind die Flächenräume in der Figur schattirt worden.

§. 65.

Die Richtigkeit des eben erklärten Gesetzes der elliptischen Bewegung der Sonne läßt sich kürzlich durch folgende Betrachtungen darthun:

Der Flächenraum (oder die Area) jedes Ausschnitts (oder Sectors) TMt der elliptischen Fläche hängt von zwey Stücken ab: a) von der Größe des Bogens Tt, und b) von dem Radius Vector TM. Ist dieser z. B. doppelt so groß, so wird auch der Sector zweymal so groß; ist der Bogen dreymal so groß, so wird auch der Sector dreymal so groß; findet alles beydes zugleich Statt, so muß der Sector zweymal, dreymal oder sechsmal so groß seyn.

Hieraus folgt überhaupt, daß die Sectoren TMt, RMr, sich verhalten wie die Producte des Bogens in den Radius, d. i. wie AP . AM zu Tt . TM. Nun verhält sich Tt zu Rr, wie PM zu AM; also verhalten sich die Sectoren wie PM . AM zu AM . PM., d. h. sie sind sich gleich wie die Zeiten. Dasselbe gilt von allen übrigen Theilen der Bahn.

Hieraus ergiebt sich zugleich, daß die wahren Winkelgeschwindigkeiten sich verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten. Da sich nun auch der scheinbare Durchmesser der Sonne verkehrt verhält, wie ihre Entfernung (§. 62.), oder desto kleiner wird, je mehr sich die Sonne entfernt; so müssen sich auch die Winkelgeschwindigkeiten, oder die in gleichen Zeiten um die Sonne beschriebenen Winkel TMt, RMr, wie die Quadrate der scheinbaren Durchmesser der Sonne verhalten. Der größte Durchmesser der Sonne in P ist (mit Weglassung der Decimalen) = 32′ 36″ = 1956″, der kleinste in A = 31′ 31″ = 1891″. Die Quadrate dieser Zahlen sind 3825936 und 3575881, und genau so verhalten sich auch die größten und kleinsten stündlichen Bewegungen der Sonne in P und A, nämlich 2′ 33″: 2′ 23″, oder 153″ : 143″. Die genauesten Beobachtungen der heutigen Astronomen beweisen, daß dieses Verhältniß in der ganzen Sonnenbahn Statt findet; daß die Winkel, welche die Sonne um die Erde in gleichen Zeiten zu beschreiben scheint, sich beständig verhalten, wie die Quadrate der scheinbaren Durchmesser der Sonne, also umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. Dieß giebt also, wenn z. B. die Bogen FG, BD, in gleichen Zeiten durchlaufen sind, das Verhältniß zwischen den Winkeln FMG, BMD und den Entfernungen MF, MB. Durch diese beyden Dinge aber wird der Flächenraum des Sectors bestimmt, und es folgt aus diesem Verhältniß: daß durch die ganze Sonnenbahn die in gleichen Zeiten beschriebenen Sectoren gleiche Flächenräume

haben; wodurch denn obiges Gesetz aus den Beobachtungen unmittelbar bewiesen ist [1]).

Auch die Sonnentafeln [2]), die jetzt alle nach diesem Gesetze berechnet werden, geben durch ihre vollkommne Uebereinstimmung mit dem Himmel einen täglichen Beweis für die Wahrheit desselben. Zwar muß bey jenen Tafeln auf einige andere Umstände, welche kleine periodische Veränderungen in der rein elliptischen Bewegung der Sonne hervorbringen (die physische Astronomie erklärt sie auf das befriedigendste) Rücksicht genommen werden; aber auch diese geringen Ungleichheiten werden gegenwärtig so scharf berechnet und stimmen mit dem zum Grunde gelegten Gesetze des elliptischen Sonnenlaufs so genau zusammen, daß über die Wirklichkeit desselben nicht der geringste Zweifel mehr übrig bleiben kann.

Anmerk.

1) Die Darstellung von §. 59. bis 65. wird vielleicht manchen Leser ermüdet haben, manchem auch nicht in allen Puncten vollkommen verständlich gewesen seyn. Sie soll aber a) dem Anfänger zum Beyspiel dienen, welchen strengen Gang der Astronom nimmt und nehmen muß, um wichtige, vor dem Blicke des Alltagsmenschen tief verborgene, Wahrheiten aufzufinden und zu beweisen; zugleich mögen sie ihn b) veranlassen, den hier nur im Allgemeinen vorgezeichneten Gang, nach Anleitung ausführlicherer Werke, mit der Zeit weiter zu verfolgen, wozu im gegenwärtigen Falle Schubert's pop. Astron. II. §. 112. ff., Bohnenberger's Astron. §. 163. ff., *Biot's* Traité etc. II. L. II. Chap. 7—11. (vergl. *La Place's* Expos. etc. L. I. Chap. 2. p. 5. sqq.) vorzüglich nachzuweisen sind. — Endlich soll c) die Kenntniß von der Bewegung der Sonne den Weg zur Erforschung der Gesetze bahnen, nach welchen die Erde und die Planeten sich bewegen (s. den zweyten Abschnitt); daher von jener hier ausführlicher gehandelt werden mußte.

2) Man versteht hierunter Tafeln, welche die Rechnungsdata, die zur Findung des Orts der Sonne für jede Zeit erforderlich sind, enthalten. Es muß ihnen eine gewisse Epoche zur Grundlage dienen. Um nämlich die mittlere Länge der Sonne für jede Zeit zu finden, muß man zwey Dinge kennen: a) ihre mittlere Bewegung oder Geschwindigkeit, und b) ihre mittlere Länge für irgend einen Augenblick. Dieser Zeitpunct nun, nebst der dazu gehörigen mittlern Länge, von dem alle andere Längen der Sonne gezählt

werden, oder der bey der Berechnung jeder andern Länge zum Grunde liegt, heißt die Epoche. Um nun vermittelst derselben für jede andere Zeit die mittlere Länge zu finden, muß man die mittlere Bewegung in der Zeit, die nach der Epoche verflossen oder ihr vorhergegangen ist, zur Epoche addiren oder davon subtrahiren. Bey der Bewegung jedes andern Weltkörpers sind solche Epochen nöthig, und sie sind die Basis aller astronomischen Tafeln; daher muß die äußerste Sorgfalt, sowohl bey der Beobachtung als der Berechnung angewendet werden, um die wahre Länge richtig zu finden, und daraus eine genaue Epoche herzuleiten. — Man findet in den Sonnentafeln zuerst die mittlere Länge oder Epoche von Jahr zu Jahr, von den frühesten Zeiten der Astronomie bis etwa 100 Jahre nach unserer Zeit, und dann die mittlere Bewegung von einem Tage bis zu 365 Tagen, von 1 Stunde bis zu 24, von 1 bis 60′ und ″. Diese Tafeln sind hinlänglich, um für jede vergangene und zukünftige Zeit die mittlere Länge zu finden. Alsdann folgt die Gleichung des Mittelpuncts und die übrigen Ungleichheiten, die von der Einwirkung anderer Weltkörper herrühren. Aehnliche Correctionen findet man auch für die Entfernung der Sonne von der Erde. Die übrigen Tafeln enthalten die Schiefe der Ekliptik für jede Zeit, die Berechnung der Rectascension und Abweichung aus der Länge u. s. w. S. über die Construction der Sonnentafeln *Biot* a. a. O. Chap. 11. — Die Zahlen der Tafeln, welche als gegeben betrachtet werden, und wovon die zu findenden Functionen sind, werden Argumente genannt. Je nachdem bey einer Tafel nur einerley, zweyerley oder dreyerley ꝛc. Argumente vorkommen, nennt man sie eine Tafel mit einfachem, zwey = dreyfachem ꝛc. Eingange. — Die vorzüglichsten neuern Sonnentafeln sind die von Zach'schen, De Lambre'schen und Carlini'schen; die zuletzt genannten werden jetzt am meisten geschätzt.

VI. Capitel.

Der Mond und seine eigene Bewegung.

§. 66.

Der Mond zieht, nächst der Sonne, der er an scheinbarer Größe ungefähr gleich ist, durch seine überaus leicht bemerkbare eigene Bewegung, und durch den großen Nutzen, den sein Licht und der regelmäßige Wechsel desselben den Erdbewohnern leistet, unsere Aufmerksamkeit in einem vorzüglichen Grade auf sich.

Wenn er uns einige Tage sichtbar gewesen ist; so erscheint er kurz nach Untergang der Sonne am westlichen Himmel als ein kreisförmiger, oben und unten zugespitzter, Lichtstreifen, dessen äußere Krümmung nach der Gegend des Horizonts hingerichtet ist, wo die Sonne eben unterging. Mit jedem Abend erhält dieser Lichtbogen eine größere Breite; die innere oder nach dem Mittelpunct gekehrte Grenze entfernt sich von der andern, wird immer weniger gekrümmt, und nach ungefähr 5 Tagen zu einer geraden Linie, so daß der Mond die Gestalt eines Halbkreises erhält, dessen äußere Peripherie immer der Sonne zugekehrt bleibt, und den wir das erste Viertel nennen. Jetzt geht er Abends um 6 Uhr durch den Meridian, und sein östlicher Abstand von der Sonne beträgt 90°. — Der Mond rückt nun immer mehr von der Sonne ab, so daß er immer später am Abend durch den Meridian geht. Jene innere Grenze schwillt nun gleichsam über die gerade Linie hinaus und nimmt eine erhabene Krümmung an, die etwa 7 Tage nach dem ersten Viertel dem Monde die Gestalt einer vollen Scheibe giebt, welche der Vollmond heißt. Dieser steht der Sonne gerade gegenüber oder 180° von ihr entfernt, und geht um Mitternacht durch den Meridian. Indem der Mond nun seinen Weg nach Osten fortsetzt, kommt er der Sonne entgegen, geht mit jedem Tage später nach Mitternacht durch den Meridian, und seine von der Sonne abgewandte oder westliche Peripherie zieht sich wieder zusammen, bis sie 7 Tage nach dem Vollmonde zum zweytenmal zur geraden Linie wird, und dem Monde die Gestalt eines Halbkreises giebt, dessen äußere Krümmung, wie immer, der Sonne zugekehrt, aber jetzt nach Osten gerichtet ist. Dieß ist das letzte Viertel, wo der Mond Morgens 6 Uhr durch den Meridian geht und noch 90° westlich von der Sonne entfernt ist. Er rückt nun der Sonne immer näher, die gerade Linie wird wieder ein hohler Kreisbogen und der helle Theil nimmt immer mehr ab, bis er wieder die Gestalt hat, die er bey seinem ersten Erscheinen hatte, aber in der entgegengesetzten Lage, so daß jetzt die hohle Seite rechts steht oder nach

Westen gekehrt ist. Der Mond tritt der Sonne nun so nahe, daß er, ungefähr 30° von ihr noch entfernt, in ihren Strahlen verschwindet. Nachdem er 5 bis 6 Tage unsichtbar geblieben ist, erscheint er in eben der Entfernung auf der andern Seite wieder des Abends in sichelförmiger Gestalt, und die erwähnten Erscheinungen beginnen in gleicher Ordnung von Neuem. Während seiner Unsichtbarkeit hat der Mond von West nach Ost einen Bogen von ungefähr 70° am Himmel zurückgelegt, in dessen Mitte sich die Sonne befindet; er ist also in der Mitte des unsichtbaren Theils seiner Bahn bey der Sonne vorübergegangen, und diesen Augenblick des Zusammenkommens mit der Sonne an demselben Orte des Himmels nennt man den Neumond. Die Benennungen Conjunction ☌ für den Neumond, Opposition oder Gegenschein ☍ für den Vollmond, Quadraturen □ für das erste und letzte Viertel, und Octanten für die 4 Puncte zwischen den Quadraturen und der ☌ und ☍ wird man nun leicht verstehen. ☌ und ☍ führen auch den Namen der Syzygien (συζυγία, Verbindung, von σὺν, mit, und ζευγνύω, verbinden).

§. 67.

Die in §. 66. erklärten Lichtabwechselungen oder Lichtgestalten des Mondes (Phasen, von φάω, leuchten, scheinen) geben deutlich zu erkennen: daß der Mond ein kugelförmiger, an sich dunkler Körper ist, der sein Licht von der Sonne empfängt und innerhalb deren Bahn seinen Lauf monatlich um die Erde vollführt. Man s. Fig. 4., wo T den Ort der Erde, abcd die Bahn des Mondes um dieselbe und SBCD die Sonnenbahn vorstellt. In S befinde sich die Sonne, so ist in a Neumond, in b das erste Viertel, in c Vollmond, und in d das letzte Viertel. Die Uebergänge von der einen dieser 4 Hauptphasen zur andern wird man leicht begreifen, wenn man nur nicht vergißt, daß in allen Puncten der Mondbahn die erleuchtete Halbkugel des Mondes gegen die Sonne gekehrt ist, und wenn man hin-

zunimmt, daß, wie sich weiterhin (§. 96.) zeigen wird, der Abstand des Monds von der Erde, oder die Linie b T = d T ꝛc., ungleich geringer, als der Abstand der Sonne von der Erde, oder die Linie S T ist, daß also auch gerade Linien von dem Mittelpuncte der Sonne S nach dem Mitttelpuncte des Mondes bey b und d gezogen nur einen sehr kleinen Winkel bey S machen. — Deutlicher kann man sich Alles durch folgenden Versuch vorstellen: Man errichte auf einem Tische in der Mitte T eines mit Kreide gezogenen Kreises a b c d von etwa 16 bis 24 Zoll im Durchmesser einen Stift, der sich oben in ein kleines Knöpfchen endigt, welches die Erde, oder vielmehr den Ort des Beschauers auf derselben (den Standpunct des Auges) vorstellt. Ein zweyter, auf einem kleinen Untersatze angebrachter, folglich nebst diesem verschiebbarer Stift trage eine kleine hölzerne Mondkugel von etwa 1 Zoll im Durchmesser, die durch die Fortbewegung des Untersatzes im Kreise a b c d a herumgeführt wird. In möglichst weiter Entfernung von T bringe man in S ein hellbrennendes Licht, die Sonne, an, so daß der Mittelpunct der Flamme mit dem Mittelpunct des Knöpfchens und der Mondkugel in einer geraden, der Fläche des Tisches parallelen Linie liegt. Stellt man nun, während man den Träger der Mondkugel im vorgezeichneten Kreise um T herumschiebt, das Auge immer so, daß es vom Knöpfchen aus nach dem Monde hinsieht, so wird es die Lichtgestalten desselben, von einer Conjunction bis zur andern, deutlich wahrnehmen. — Noch zweckmäßiger ist eine Vorrichtung, wie in Fig. 15. (a), wo man den Mond l, der auf einem um c beweglichen Arme c d steht, durch Fortschieben mit der Hand im Kreise um die Erde t, deren Träger a c B mit der Unterlage B gehörig befestigt seyn muß, herumgehen läßt. Die Stellung des Lichts ꝛc. bleibt, wie vorher bemeldet.

§. 68.

Einige Tage nach dem Neumonde sieht man neben dem sichelförmigen hellen Theile des Mondes mit bloßen Augen,

und noch längere Zeit nachher durch Fernröhre, die übrige dunkle Mondscheibe von einem aschfarbigen Lichte matt erleuchtet. Dieses Licht kann nichts anderes seyn, als das reflectirte Licht der Erde, die dem Monde dann in vollem Glanze (als Vollerde) erscheint. Aus jener Wahrnehmung folgt 1), daß der Mond wirklich ein sphärischer, von der Sonne erleuchteter Körper ist, der uns nur deswegen nicht immer seine volle Halbkugel zeigt, weil seine Stellung gegen die Sonne und die Erde dieß unmöglich macht; 2) daß er der Erde beständig dieselbe Seite zukehrt, weil man in seinem aschgrauen Lichte genau dieselben Stellen seiner Oberfläche (Flecken, Streifen ꝛc.) und in derselben Lage sieht, wie wir sie im Vollmonde und in den übrigen Phasen sehen.

§. 69.

Zur Zeit des Vollmonds, und nur zu dieser, verliert bisweilen der Mond bey heiterm Himmel sein Licht so, als wenn eine schwarze Scheibe von Morgen nach Abend sich über ihn hin bewegte; welches eine Mondfinsterniß heißt. Der Mond wird dabey entweder ganz, oder, was am häufigsten geschieht, nur zum Theil, in diesem Falle entweder an seiner nördlichen, oder an seiner südlichen Hälfte von jener dunkeln Scheibe, wenn sie am weitesten in die Vollmondscheibe eingetreten ist, bedeckt. Totale und partiale Mondfinsterniß. Da die Erde um diese Zeit zwischen der Sonne und dem Monde steht; so muß es ihr Schatten seyn, der die Finsterniß verursacht. Dieser Schatten erscheint jederzeit kreisförmig auf der Mondscheibe, wodurch die Annahme, daß die Erde ein sphärisch-gestalteter Körper sey (§. 18. und 44.), auf eine augenscheinliche Weise bestätigt wird. In Hinsicht des Mondes aber geben die genannten Finsternisse einen neuen und unwidersprechlichen Beweis, daß er sein Licht bloß von der Sonne erhält.

Selten wird der Mond bey einer totalen Finsterniß ganz unsichtbar; er behält vielmehr gewöhnlich ein röthliches, der

Farbe einer hellglühenden Kohle oft sehr ähnliches Ansehen. Dieß rührt von der strahlenbrechenden Kraft der Erd-Atmosphäre her (§. 32.); denn es ist leicht einzusehen, daß die Sonnenstrahlen, die bey ihrem Durchgange durch unsere Atmosphäre in den abwärts von der Sonne liegenden Schatten der Erde geworfen werden, demselben einiges Licht mittheilen müssen, und daß dieses bis dahin gebrochen werden könne, wo der Mond zur Zeit der Verfinsterung steht. Jedoch hängt der verschiedene Grad der Farbe oder Dunkelheit des verfinsterten Mondes auch von dem jedesmaligen Zustande der Erd-Atmosphäre ab; daher er fast bey jeder Finsterniß, ja an verschiedenen Orten, ein verschiedenes Ansehen hat. Indeß bleibt er sehr oft so hell, daß man mit bewaffnetem Auge sogar die meisten seiner Flecken u. s. w. deutlich erkennt.

§. 70.

Zur Zeit des Neumonds, aber zu keiner andern, wird bisweilen die Sonne ganz oder zum Theil, in diesem Falle entweder an ihrer nördlichen oder südlichen Hemisphäre, ihres Lichts beraubt, so daß es scheint, als ob eine schwarze Scheibe in der Richtung von Abend nach Morgen über die Sonnenscheibe wegziehe. Man nennt dieß eine Sonnenfinsterniß, die also ebenfalls entweder total oder partial ist. Daß der Mond die Ursache eines solchen Ereignisses ist, erhellet daraus, weil jene dunkle Scheibe genau zu der Zeit, wo der Mond nach der Rechnung die Sonne erreicht oder in ☌ mit ihr tritt, und an derselben Stelle, die die Rechnung giebt, auch in einer der Neumondscheibe völlig gleichen Größe, in die Sonnenscheibe eintritt, und in der Richtung des Mondlaufs über sie weggeht; woraus zugleich aufs Neue folgt: daß der Mond ein fester, an sich dunkler sphärischer Körper ist; daß er seine Bahn innerhalb der Sonnenbahn um die Erde beschreibt (§. 67.), und er uns also näher ist als die Sonne. Bey totalen Sonnenfinsternissen wird die Sonne zwar ganz vom Monde bedeckt, aber man bemerkt

einen mehr oder weniger hellen Ring um diesen, welcher von der Ablenkung herrührt, die die Lichtstrahlen der Sonne beym Vorübergehen an der Oberfläche des Mondes erleiden.

Bey jeder Mond- und Sonnenfinsterniß steht der Mond in der Fläche der Sonnenbahn, oder nahe bey derselben, so daß, wenn man zur Zeit eines solchen Ereignisses die Mittelpuncte der Sonne und der Erde durch eine gerade (zur Zeit einer Mondfinsterniß bis in die Gegend des Mondes verlängerte) Linie verbindet, der Mond sich ebenfalls in, oder doch nicht weit von derselben befindet. Von diesem Umstande hat die Sonnenbahn den Namen der Ekliptik (§. 42.) erhalten.

Daß aber nicht jeder Neu- und Vollmond in die gerade Linie zwischen Erde und Sonne fällt, und daher nicht immer mit einer Finsterniß verbunden ist, läßt schon im voraus auf eine gegen die Fläche der Ekliptik schräge Lage der Mondbahn schließen (§. 79.)

§. 71.

Bey einer Sonnenfinsterniß erleidet die Sonne selbst keine wirkliche Verfinsterung; es wird uns vielmehr nur durch die zwischen der Erde und der Sonne befindliche dunkle Mondkugel der Anblick der Sonnenscheibe oder eines Theils derselben entzogen: daher man eigentlich Erdfinsterniß sagen sollte. Eine solche sieht man vom Monde aus wirklich, wenn wir auf der Erde, nach dem allgemeingebräuchlichen Ausdrucke, eine Sonnenfinsterniß haben. Weil nun der Mond näher bey der Erde ist als die Sonne (§. 70); so sieht man an weit von einander entlegenen Orten der ebenfalls kugelförmigen Erde den Anfang, die Größe und das Ende einer Sonnenfinsterniß auf verschiedene Weise; ja an den meisten bleibt während derselben die Sonne ganz unbedeckt, weil, von ihnen aus gesehen, der von der Sonne entfernte Mond ober- oder unterhalb der Sonnenscheibe weggeht. Ganz anders verhält es sich mit den Mondfinsternissen. Da nämlich bey diesen sich der Mond wirklich in

den Schatten der Erde taucht oder durch denselben verfinstert wird; so sieht man sie an allen Orten, denen der Vollmond über dem Horizont steht, d. h. auf der ganzen nächtlichen Erd-Hemisphäre auf gleiche Art und in gleichen Augenblicken. Hierdurch aber bieten die Mondfinsternisse ein bequemes Mittel dar, den Meridianabstand zweyer Orte, oder den Unterschied ihrer geographischen Länge zu finden (§. 20.). Der östlichliegende Ort hat nämlich früher Mittag als der westlichliegende, und der Mittagsunterschied ist dem in Bogen verwandelten Längenunterschied gleich, indem man eine Stunde auf 15° im Bogen (4 Min. auf 1° ꝛc.) rechnet. Es befinde sich nun zu der Zeit, wo eine Mondfinsterniß erwartet wird, an jedem der beyden Orte ein Beobachter mit einer genau nach der wahren Sonnenzeit seines Orts gestellten Uhr, um den Augenblick, da die Mondscheibe (oder noch besser, ein gewisser Flecken derselben) in den Erdschatten einrückt (oder auch, wenn man den Eintritt des Mondes oder eines Fleckens nicht deutlich beobachten konnte, den Augenblick des Austretens) zu bemerken. Liegen nun beyde Beobachtungsorte wirklich unter verschiedenen Meridianen; so werden die an denselben beobachteten Zeiten der Erscheinung, wenn man sie hinterher gegen einander hält, ungleich befunden, und ihr Unterschied ist der Meridianunterschied, oder der Unterschied der geographischen Länge beyder Orte (vergl. unten §. 98.). Zu gleichem Zwecke kann man auch eine gleichförmig gehende Uhr von einem Orte zum andern bringen; denn vermittelst derselben wird zugleich die Zeit von dem einem Orte zu dem andern gebracht, und die Vergleichung der genau nach der Sonne gestellten Uhren giebt die wahre Zeit von beyden Orten an. Aus dem Unterschied der Zeiten findet man, wie vorhin, indem man auf eine Stunde 15° ꝛc. rechnet, den Unterschied der Länge, und derjenige Ort wird eine größere Länge haben, dessen Uhr früher geht. Man nennt dergleichen tragbare Uhren Seeuhren, weil sie besonders auf langen Seereisen zur Bestimmung der Länge von großem Nutzen sind. Die neueste Art derselben, die sowohl dem Seefahrer, als dem Astronomen

die ausgezeichnetsten Dienste leisten, heißen Chronometer (Taschen-Chronometer).

Es giebt zwar noch mehrere andere Methoden, die geographische Länge zu bestimmen (vergl. §. 78. und 82. am Ende); alle aber beruhen auf ähnlichen Gründen und Beobachtungen, und man sieht aus dem hier Gesagten hinlänglich, wie unentbehrlich die Astronomie für die mathematische Erdkunde ist.

§. 72.

Die Zeit, die der Mond gebraucht, um 360° zurückzulegen, oder zu demselben Fixstern wieder zurückzukehren, heißt der siderische Monat, welcher 27 Tage 7 St. 43′ 11″, 51 beträgt. Allein ehe der Mond denselben Stern wieder erreicht, hat er, wegen des Zurückweichens der Aequinoctialpuncte (§. 48.), seine Länge und Rectascension um 360° geändert; und diese Zeit heißt der periodische Monat, der wegen der Kürze der Zeit wenig vom siderischen verschieden ist, denn er ist = 27 T. 7 St. 43′ 4″, 68. — Rechnet man den Lauf des Mondes von einer ☌ oder ☍ mit der Sonne bis zur nächstfolgenden, so entsteht der synodische Monat (σὺν, mit, und ὁδὸς, der Weg). Vermöge ihrer eigenen Bewegung rückt die Sonne während eines siderischen Monats, der in a (Fig. 4.) beendigt ist (weil sich da der Mond wieder bey demselben Fixstern f an der Himmelssphäre F G zeigt), ungefähr um 27° nach Osten, oder von S nach E; der Mond muß also noch ein Stück auf seiner Bahn, nämlich von a bis e fortgehen, ehe er sie wieder einholt, oder wieder in ☌ T e E mit ihr kommt. Darum ist der synodische Monat beträchtlich länger als der siderische. Die Dauer desselben bestimmt man unter andern durch die Beobachtung zweyer Mondfinsternisse. Die zwischen beyden verflossene Zeit dividirt man nämlich durch die Anzahl der synodischen Monate. Zuerst nimmt man zwey nicht weit von einander entfernte Finsternisse, um die Zahl der Monate nicht zu verfehlen. Weiß man nun die Dauer eines Monats beynahe, so nimmt man zwey von einander

sehr entfernte Finsterniſſe, dividirt die Zeit zwiſchen beyden durch die faſt bekannte Dauer eines Monats, um die Zahl der Monate zu erhalten, und dividirt mit dieſer wieder die Zeit, um die Zeit des Monats genauer zu beſtimmen. Auf dieſe Art hat man den ſynodiſchen Monat = 29 T. 12 St. 44′ 2″, 82 gefunden. Hieraus ergiebt ſich die Dauer des periodiſchen Monats mittelſt des bekannten tropiſchen Sonnenjahrs (§. 55.). Man ſagt nämlich: 365 T. 5 St. 48′ 48″ geben 360°, was geben 29 T. 12 St. 44′ 2″, 82; und ſo findet man, um wie viel Grade die Sonne während eines ſynodiſchen Monats vorgerückt iſt, oder wie viel Grade über 360° der Mond während eines ſynodiſchen Monats zurücklegen muß. Die Anzahl dieſer Grade werde mit n bezeichnet, ſo ſagt man weiter: 360 + n° erfordern 29 T. 12 St. 44′ 2″, 82; was erfordern 360°? Das Reſultat iſt die bereits angegebene Dauer des periodiſchen Monats. — Ferner berechne man nun, wie viel die Zurückweichung der Aequinoctialpuncte in einem periodiſchen Monat beträgt, indem man ſagt: 365 T. 5 St. 48′ 48″ geben $50\frac{1}{10}$ Gradſecunden; was geben 27 T. 7 St. 43′ 11″, 51? Man findet ungefähr 4″. Hierauf ſage man: 360° weniger 4″ erfordern 27 T. 7 St. u. ſ. w.; was erfordern 360°? Was herauskommt, iſt die oben bemerkte Dauer des ſideriſchen Monats.

Der Ueberſchuß der täglichen Umlaufszeit des Mondes über einen mittlern Sonnentag iſt = 50′ 28″, 3; oder der Mond braucht 24 St. 50′ 28″, 3, um täglich einen vollen Umlauf an der Himmelsſphäre zu vollbringen. Seine tägliche Bewegung in der Länge iſt = 13° 10′ 35″, 0285; ſeine ſtündliche = 32′ 56″, 46. Hiervon kommt auf 1 Min. 32″, 94; auf 1 Sec. 0″, 55. In 100 Jahren macht er alſo 1336 ganze Umläufe und noch 307° 53′ 35″, 23. Subtrahirt man die mittlere tägliche Bewegung der Sonne (§. 58.) = 59′ 8″, 33 von der des Mondes = 13° 10′ 35″, 0285; ſo erhält man ſeine tägliche ſynodiſche Bewegung, oder den Bogen, um den er ſich täglich von der Sonne entfernt = 12° 11′ 26″, 7.

§. 73.

Ein Zeitraum von 12 synodischen Monaten macht ein astronomisches Mondenjahr aus, welches demnach 354 T. 8 St. 48′ 33″, 84 beträgt, und um 10 T. 21 St. 0 M. 17″, 76 kürzer ist, als das tropische Sonnenjahr. Das bürgerliche Mondenjahr hat nur 354 Tage. Die alten Völker haben wohl alle hiernach gerechnet, indem sie den Monat abwechselnd zu 30 und zu 29 Tagen annahmen. Unsere bürgerlichen oder Kalender-Monate sind nicht nur von den astronomischen Sonnenmonaten (deren jeder der Zeit gleich ist, welche die Sonne in einem der 12 himmlischen Zeichen zubringt), sondern auch von den Mondenmonaten verschieden; denn sie sind Abschnitte des Jahres, theils von 31, theils von 30 Tagen, einer nur von 28 (und in Schaltjahren von 29) Tagen.

Wenn ein Sonnenjahr mit einem Neumond anfängt; so sind, vermöge der Dauer des astronomischen Mondenjahrs, im Anfange des nächstfolgenden Jahres ungefähr 11 Tage von dem nächstvorhergehenden Neumond an verflossen, und die Mondsveränderungen fallen jetzt auf andere Tage des Jahres. Aber 19 tropische Sonnenjahre machen beynahe 235 synodische Monate; folglich fallen nach Verlauf dieser Periode die Neu- und Vollmonde wieder nahe auf dieselben Tage des Jahres.

§. 74.

Bey den bisherigen Angaben liegt die mittlere Bewegung des Mondes zum Grunde; denn die wahre ist sehr ungleichförmig und veränderlich *). Wir müssen daher diese letztere nach und nach kürzlich in Betracht ziehen.

Die Vergleichung der neuen Beobachtungen mit den alten zeigt, daß die siderische Umlaufszeit des Mondes immer desto kürzer wird, je neuer die verglichenen Beobachtungen sind. Es findet also eine Beschleunigung in der mittlern Bewegung des Mondes Statt, die zwar

nicht in einzelnen Monaten, aber in 100 Jahren schon sehr merklich wird. Die hierdurch nothwendig gewordene Verbesserung der mittlern Länge des Mondes hat daher den Namen der Säcular-Gleichung des Mondes erhalten. Sie beträgt in 100 J. 10″, 2; in 200 J. 40″, 8; in 300 J. 91″, 8. ꝛc. Sie ist also gleichförmig, und, wie die Astronomen es nennen, nahe dem Quadrat der Zeit proportional. Ob sie nach eben diesem Gesetze immerfort zunehmen, oder ob sie nach einem gewissen Zeitpuncte in gleichem Verhältnisse wieder abnehmen werde, können nur die Beobachtungen von Jahrtausenden entscheiden. Indeß zeigt die auf die Kenntniß der Grundursache der himmlischen Bewegungen gebaute Rechnung, daß die Säculargleichung des Mondes nur periodisch, und die mittlere Bewegung dieses Weltkörpers constant ist.

Anmerk.

*) Schon Plinius sagt von der Schwierigkeit der Mondtheorie: „Multiformi Luna ambage torsit ingenia contemplantium et proximum ignorari maxime sidus indignantium.“ Hist. nat. Lib. II. C. 9.

§. 75.

Der monatliche Lauf des Mondes um die Erde hat mit der jährlichen Bewegung der Sonne um dieselbe die größte Aehnlichkeit. Die Winkelgeschwindigkeit seiner Bewegung steht in genauem Verhältnisse mit der Zu- und Abnahme seines scheinbaren Durchmessers. Die größte und kleinste Winkelgeschwindigkeit fällt nämlich in diejenigen Puncte seiner Bahn, wo sein Durchmesser am größten und kleinsten (jener = 33′ 31″, dieser = 29′ 22″; die mittlere Größe desselben ist = 31′ 26″), mithin sein Abstand von der Erde am kleinsten und größten ist. Man nennt diese Puncte, wie bey der Sonne, die Erdnähe und Erdferne (Perigäum und Apogäum) des Mondes, und die gerade Linie zwischen beyden die Apsidenlinie. Von der Erdnähe an nimmt seine Winkelgeschwindigkeit und sein schein-

barer Durchmesser bis zur Erdferne ab, und von da an bis zur Erdnähe eben so wieder zu, wie sie vorher abgenommen hatten. Es wird also seine Bahn durch die Apsidenlinie in zwey gleiche und ähnliche Theile getheilt, so daß die ungleichförmige Bewegung des Mondes auf ähnliche Art, wie die der Sonne (§. 64.) durch eine elliptische Laufbahn dargestellt werden kann, die nach dem Gesetze beschrieben wird: daß die vom Radius Vector des Mondes um den einen Brennpunct, den die Erde einnimmt, beschriebenen Flächenräume den Zeiten proportional sind. — Die Wahrheit dieser Annahme hat sich längst durch die Beobachtungen und die mit ihnen übereinstimmenden Mondtafeln (bey denen jedoch die in den folg. §§. zu erwähnenden Gleichungen angebracht werden müssen) vollkommen bestätigt.

§. 76.

Nimmt man die Ellipse AFPBA (Fig. 3.) für die Laufbahn des Mondes, so ist in M die Erde. P ist das Perigäum, A das Apogäum des Mondes, AP die Apsidenlinie. In a und p hat der Mond seine mittlere Entfernung von der Erde. Die Excentricität CM ist = 0,0548553; oder die halbe große Axe der Bahn verhält sich in kleinern Zahlen zu derselben nahe wie 1 : 0,055, oder wie 1000 : 55, oder wie 200 : 11, so daß die Excentricität etwa den 18ten Theil der mittlern Entfernung ausmacht, folglich viel beträchtlicher ist als die der Sonnenbahn (§. 64. am Ende). — Die größte Gleichung des Mittelpuncts ist = 6° 17′ 54″ 5.

Die Apsidenlinie der Mondbahn hat eine rechtgängige (also von Abend nach Morgen gerichtete) Bewegung, welche in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen 40° 39′ 45″, 79 in Beziehung auf die Aequinoctialpuncte, und 40° 38′ 55″, 69 in Beziehung auf die Fixsterne beträgt. Hiernach vollendet die Apsidenlinie ihren Sideralumlauf in 3232 Tagen 13 St. 37′ 14″, 6, oder in 8 gemeinen Jahren

312 T. 11 St. 11′ 39″; ihren tropischen Umlauf aber in 3231 T. 11 St. 4′ 7″, 3. Der hieraus sich ergebende Monat (also die Zeit, in der der Mond einen Umlauf gegen die Apsidenlinie macht, oder seine Anomalie um 360° ändert; mit andern Worten: die Zeit von einem Durchgange durch die Erdnähe oder Erdferne bis zum folgenden) heißt der anomalistische Monat, und ist = 27 T. 13 St. 18′ 35″.

Am 1. Januar 1801 war in der Pariser Mitternacht die Länge der Erdferne des Mondes in seiner Bahn = 86° 6′ 55″, 1, und die mittlere Länge des Mondes (oder die Epoche) = 111° 36′ 42″, 1. Man hat aber bemerkt, daß auch die Bewegung der Apsiden nicht gleichförmig ist; daß sie allmählig abnimmt, während die Bewegung des Mondes selbst schneller wird (§. 74).

§. 77.

Die Gesetze der elliptischen Bewegung (§. 75.) stellen den Lauf des Mondes, wie ihn die Beobachtungen geben, noch nicht in aller Schärfe dar. Es finden sich bey denselben Unregelmäßigkeiten, die nicht bloß von der Lage des Mondes gegen die Apsidenlinie abhängen, sondern eine offenbare Beziehung auf die Lage der Sonne haben. Die vorzüglichsten derselben sind folgende drey:

1) Die Evection. Diese Ungleichheit war schon den alten Astronomen bekannt, indem sie bemerkten, daß die größte Gleichung des Mondes von 5°, wie sie durch Beobachtung der Finsternisse gefunden worden war, in den Quadraturen bis 7° 40′ zunahm. In spätern Zeiten aber fand man, daß diese mit dem Namen der Evection belegte Gleichung nicht als eine Aenderung der elliptischen Gleichung des Mittelpuncts angesehen, sondern von ihr ganz getrennt werden müsse; daß ihr größter Werth von 1° 18′ 2″, 45 in die Syzygien und Quadraturen falle, und zwar in jenen von der Gleichung des Mittelpuncts 6° 17′ 54″, 5 (§. 76.) subtrahirt, in den letztern aber dazu addirt werden müsse;

daß endlich diese Gleichung in den Octanten verschwinde, in den übrigen Lagen des Mondes aber kleiner als 1° 18′ sey. Es folgt hieraus, daß die größte Gleichung (90° von den Apsiden), wenn der Mond zugleich in den Syzygien ist, = 5°, in den Quadraturen aber = 7° 36′, und in den Octanten = 6° 18′ ist; wie schon die Alten es gefunden hatten.

2) Die Variation. Diese Ungleichheit in der Bewegung des Mondes ist gerade da, wo die Evection verschwindet, nämlich in den Octanten am größten, und beläuft sich auf 37′ 5″; daher sie den Alten, welche nur die Syzygien und die Quadraturen mit besonderer Sorgfalt beobachteten, entging.

3) Die jährliche Gleichung, welche daher entsteht, daß die Bewegung des Mondes sich beschleunigt, wenn die der Sonne sich verzögert, und umgekehrt. Sie ist dem Sinus der Anomalie der Sonne proportional, hat folglich das anomalistische Jahr (§. 61.) zur Periode, und erhält einige Tage nach den Nachtgleichen ihren größten Werth = 11′ 17″, 8.

§. 78.

Die bisher genannten vier großen Gleichungen der Mondbahn, nämlich a) die elliptische Mittelpunctsgleichung (§. 76.); b) die Evection; c) die Variation, und d) die jährliche Gleichung (§. 77.), reichen noch nicht hin, um den wahren Ort des Mondes für jede gegebene Zeit zu finden. Es giebt noch eine Menge kleinerer, die auf die mannigfaltigste Art sich durchkreuzen, sich bald mit einander vermischen, bald einander entgegenwirken oder sich ganz aufheben. Es war bey der großen Vollkommenheit der neuern Beobachtungswerkzeuge und Methoden leichter, ihr Daseyn als ihre Beschaffenheit, oder die Gesetze, von denen sie abhängen, ausfindig zu machen. Und doch sind auch diese Gesetze durch die gewaltigen Hülfsmittel, welche die höhere Mathematik in unsern Tagen dem Astronomen darbietet,

namentlich durch die tiefsinnigen Untersuchungen des berühmten La Place glücklich entdeckt und bis in das kleinste Detail bewiesen und entwickelt worden. Hierdurch hat man es möglich gemacht, Mondtafeln [1]) zu construiren, die vielleicht den höchsten Grad der Genauigkeit haben, der sich hier erreichen läßt. In diesen kommen jetzt überhaupt 28 Gleichungen der Länge des Mondes (außerdem noch 12 Gleichungen der Breite und eben so viele der Entfernung) vor. Das Verdienst, welches sich die Bearbeiter der neuesten Mondtafeln durch ihre höchst schwierigen und verwickelten Rechnungen um Astronomie, Geographie und Schiffahrtskunde (denn die Bestimmung der Länge zur See wird jetzt durch Messung des Abstandes des Mondes von der Sonne oder einigen der hellsten Fixsterne, welchen man mit den in Schiffskalendern angegebenen und aus den Mondtafeln entlehnten Distanzen vergleicht, eben so schnell als sicher bewerkstelligt [2]) erworben haben, wird hoffentlich auch von der Nachwelt dankbar gewürdigt werden.

Anmerk.

1) *Tables de la Lune*, par Mr. *Bürg.*, in den Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France. Paris 1806. in 4; — *Burkhardt*, Tables de la Lune. Ouvrage faisant partie des Tables astron. publiées par le Bureau etc. Paris 1812. in 4.; — Tables abrégées et portatives de la Lune, calculées pour le Méridien de Paris d'après la Théorie de Mr. La Place et d'après les constantes et les coëfficients de Mr. Bürg. Florence 1809. — Unter den frühern Mondtafeln sind die von Tob. Mayer: Tabulae motuum Solis et Lunae. Lond. 1770., verbessert von Mason 1780. und herausgeg. zu London 1787., die vorzüglichsten.

2) S. über diese Distanzmethode zur Findung der Länge auf dem Schiffe (wodurch der Auflösung des berühmten Problems der Meereslänge am meisten Gnüge geschieht) das Wesentlichste in Klügel's Astronomie, IV. Abschnitt. §. 233. ff., und Bode's Erläut. d. Sternk. II, §. 872. ff. Von der Zuverläßigkeit der Längenbestimmung durch Monddistanzen handelt von Lindenau in v. Zach's Mon. Corresp. Septst. 1805. S. 216. ff.

§. 79.

Die größte Mittagshöhe des Mondes ist zuweilen um mehr als 5° größer, zuweilen um eben so viel kleiner als die größte Mittagshöhe der Sonne; folglich fällt die Bahn des Mondes nicht mit der Ekliptik zusammen, sondern ist gegen dieselbe geneigt. Beobachtet man nun die Rectascension und Declination des Mondes in verschiedenen Puncten seiner Bahn und sucht daraus seine Länge und Breite; so findet man, daß er bald eine nördliche, bald eine südliche Breite hat, und daß die Puncte, in welchen seine Bahn die Ekliptik schneidet, um 180° unter sich, und 90° von denjenigen Puncten entfernt sind, wo er seine größte nördliche und südliche Breite hat; daß folglich auch die Mondbahn, wie die Sonnenbahn (§. 41.), ein größter Kreis der scheinbaren Himmelssphäre ist, der das Centrum der Erde zu seinem Mittelpunct hat.

Die beyden Durchschnittspuncte der Mond- mit der Sonnenbahn nennt man die Knoten der Mondbahn, und zwar denjenigen, in welchem er über die Ekliptik nach Norden hinaufsteigt, den aufsteigenden Knoten ☊ (Drachenkopf), den andern aber, wo er unter die Ekliptik hinab nach Süden geht, den niedersteigenden Knoten ☋ (Drachenschwanz). Die gerade Linie, welche die Knoten verbindet, heißt die Knotenlinie der Mondbahn. Sie hat keine feste Lage, sondern drehet sich gegen die Ordnung der Zeichen, oder von Morgen nach Abend, herum, wie man schon durch oberflächliche Beobachtungen finden kann. Wenn man nämlich auf einen kenntlichen Stern, der in der Nähe der Ekliptik steht, z. B. den Regulus im Löwen, Achtung giebt, und bemerkt, daß er in diesem Monate von dem uns näherstehenden Monde verdeckt wird (s. §. 82.); so findet man, daß der Mond in jedem folgenden Monate immer weiter, und nach 4 bis 5 Jahren 5° nördlich über dem Stern weggeht. Nun nähert er sich ihm bey jedem Vorübergange; nach 9 Jahren bedeckt er ihn wieder, entfernt sich nun immer mehr südlich von ihm, und geht nach

14 Jahren 5° südlich unter ihm weg. Dann nähert er sich ihm immer mehr und mehr, und nach $18\frac{1}{2}$ Jahren bedeckt er ihn abermals, und alles erfolgt in derselben Ordnung. Dieß beweist nicht allein, daß die Knoten in der eben bemerkten Periode einen Umlauf am Himmel machen, sondern auch, daß die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik ungefähr 5° beträgt.

Aus genauern Beobachtungen ergiebt sich, daß die mittlere Bewegung der Mondknoten, welche bald größer, bald kleiner als die wahre ist, aber periodisch mit dieser letztern wieder zusammentrifft, in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen 19° 19′ 43″, 36 in Beziehung auf die Nachtgleichen, mithin 19° 20′ 33″ 46 in Beziehung auf die Fixsterne beträgt. Demnach ist die tropische Umlaufszeit der Knoten = 6798 T. 4 St. 14′ 56″, und die siderische = 6793 T. 6 St. 51′ 39″, oder 18 gemeine Jahre 223 T. 7 St. (18 J. $223\frac{1}{4}$ T.). — Bezieht man den monatlichen Umlauf des Mondes auf die Knotenlinie, oder rechnet man diesen Umlauf von einem Durchgange des Mondes durch den Knoten bis zu dem folgenden; so hat man den sogenannten Knoten- oder Drachenmonat, welcher 27 T. 5 St. 5′ 49″, 17 beträgt. Es giebt also zusammengenommen fünf verschiedene Monate (§. 72 und 76).

Auch die Neigung der Mondbahn ist veränderlich. Im Mittel beträgt sie 5° 9′. Die wahre ist der mittlern nur dann gleich, wenn der Mond in den Octanten ist; in den Syzygien aber ist sie um 8′ 47″ kleiner, und in den Quadraturen größer, so daß die größte Breite des Mondes, wenn sie in den Neu- oder Vollmond fällt, nur bis 5° 0′ 13″, im ersten und letzten Viertel aber bis zu 5° 17′ 47″ steigt.

§. 80.

Da wir jetzt den Lauf des Mondes und die Lage seiner Bahn ꝛc. genauer kennen; so sehen wir ein, daß die Vorrichtung in Fig. 15 (a) einer Abänderung bedarf, um den Lichtwechsel des Mondes und zugleich die Ursache der nur

bisweilen sich ereignenden Sonnen- und Mondfinsternisse richtig darzustellen. Eine solche veränderte Vorrichtung sey Fig. 15. (b). Der Arm ce, der eine kleine Mondkugel l trägt, bewegt sich nämlich hier um eine schiefe Fläche op, deren Erweiterung die Fläche der Mondbahn vorstellt, welche mit der Fläche der Ekliptik nm den Winkel nce = 5° macht. Man halte das Auge senkrecht über c, als den Punct, über welchem die Erde t steht, und welcher den Mittelpunct der Bewegung des Arms ce macht, und ziehe in Gedanken nach dieser senkrechten Richtung eine Linie durch c, die sowohl diesseits als jenseits von A die Länge von ce = gleich dem Abstande des Mondes von der Erde hat. An den Endpuncten dieser Linie, die wir mit x und z bezeichnen wollen, errichte man zwey andere senkrechte Linien von der Höhe le = tc = l′d, und verbinde diese an ihren obersten Enden x′ und z′ durch eine dritte gerade Linie, welche durch den Mittelpunct der ebenfalls durch eine kleine Kugel vorgestellten Erde t geht. Diese letztere Linie ist die Knotenlinie der Mondbahn; in x′ (diesseits von A) sey der aufsteigende, in z′ (jenseits von A) der niedersteigende Knoten. In der verlängerten Knotenlinie x′tz′ befinde sich jenseits A in angemessener Entfernung von z′ der Mittelpunct der Flamme, welche zur Sonne dient *) (§. 67.). Nach diesen Angaben kann man sich leicht eine einfache Maschine (Lunarium genannt), an der jedoch die Knotenlinie x′tz′ fehlt, als welche man sich bloß einbilden muß, verfertigen lassen oder selbst verfertigen. Hat man sie, so bringe man den Arm oe, der sich um c nach der Lage der schiefen Fläche auf- und niederbewegen läßt, nach z′, also in ☌ mit der Sonne; so ist Neumond, zu gleicher Zeit aber auch, weil der Mond l in der Knotenlinie, nämlich im ☋ steht, eine Sonnenfinsterniß. Indem man den Arm weiter nach e zu dreht, also der Lage ce nähert, geht der Mond unter die Ekliptik hinab nach Süden, bis er in l seine südlichste Breite = W. nce = 5° erreicht und in der ersten Quadratur steht, wo er sich der Erde t halb erleuchtet, oder im ersten Viertel zeigt. Beym weitern Fortschieben

des Arms oe nimmt die Breite des Mondes l ab, und wird, wenn er nach x, oder in ☍ mit ☉ kommt, Null. Denn hier steht der Mond wieder in der Knotenlinie, nämlich im ☊; es ist Vollmond und zugleich eine Mondfinsterniß. Von x′ aus erhebt sich der Mond, wenn der Arm nach cd hingedreht wird, über die Ekliptik nach Norden, bis er in l′ seine nördlichste Breite = W. dcm = 5° erreicht, wo er sich in der zweyten Quadratur befindet und von der Erde t aus abermals halb erleuchtet, oder im letzten Viertel gesehen wird. Beym weitern Fortrücken nimmt seine Breite und sein Licht in dem Maße ab, als er sich der ☌ nähert. Ehe er wieder in ☌ mit der ☉ kommt, hat er bereits einen ganzen Sideralumlauf (§. 72.) gemacht, steht also wieder in seinem Knoten. Die Sonne aber ist mittlerweile vermöge ihrer eigenen Bewegung (man muß diese durch Fortbewegung des Lichts in einem um die Erde t angenommenen, möglichst weit außerhalb der Mondbahn gezogenen, Kreise nachahmen) um 27° von Abend nach Morgen (oder von der Rechten zur Linken, wenn man von der Erde nach der Sonne hinsieht) am Himmel fortgerückt. Indem der Mond diese 27° zurücklegt, um die Sonne einzuholen, entfernt er sich um einen eben so großen Bogen von seinem Knoten, befindet sich also zur Zeit der ☌ beträchtlich weit unterhalb der Ekliptik und kann dießmal keine Finsterniß verursachen. Man wird bey weiterer Bewegung sich durch den Augenschein überzeugen, daß auch bey der nächstfolgenden ☍ mit der ☉ keine Mondfinsterniß möglich ist, weil hier der Mond noch weiter von der Knotenlinie und beträchtlich hoch oberhalb der Ekliptik steht.

Die übrigen Veränderungen in Ansehung der Zeit und Zahl der Finsternisse ꝛc. kann man sich an der Maschine, die aber nicht verrückt werden darf, leicht selbst darstellen, wenn man die Sonne oder die Lichtflamme allmälig in ihrem Kreise um die Erde herumbringt, und mittlerweile den Mond seine 12 synodischen Umläufe vollenden läßt, dabey aber das, was bereits in §. 29. gesagt worden ist,

und was noch im folg. §. darüber bemerkt werden soll, zu Hülfe nimmt. Zu diesem Behufe ist noch nöthig, daß der Aufsatz A, aus dessen schrägen Oberfläche op bey c der Stift hervorragt, der die Erde trägt, und um welchen sich der Mondarm bewegt, sich über einer befestigten Scheibe sr befinde, um welche der Aufsatz A herumgedrehet werden kann. Die Scheibe ist am Umkreise in so viele Theile eingetheilt, als die Knotenlinie des Mondes Jahre gebraucht, um ihren Umlauf zu vollenden (§. 79.). Durch allmählige, jener Eintheilung gemäße, Umdrehung des Aufsatzes A um die Scheibe bekommt die Knotenlinie an der Maschine für jedes Jahr ihre gehörige Lage, stellt also den Stand des Mondes, den Ort seiner Knoten ꝛc. für jede gegebene Zeit richtig dar ꝛc.

Anmerk.

*) Zwey gerade Linien, die eine durch t parallel mit nm, die andere durch ltl' parallel mit ecd, machen bey t eben die Winkel mit einander, wie die Linien nm und ecd bey c, geben also eben sowohl als die letztern die wahre Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik. An der Maschine müssen Mond und Erde von den Stiften el (dl'), ct getragen werden; aber eben weil diese Stifte von gleicher Höhe sind, bleibt die Neigung jener Linien gegen einander eben so, als ob die Mondkugel bey e und die Erdkugel bey c angebracht wäre. Daß übrigens am Lunarium der Mond in einem Kreise um die Erde läuft, und daß diese im Mittelpuncte desselben steht, macht bey der Kleinheit der Maschine, an der sich überhaupt die wahren Verhältnisse der Größen und Entfernungen nicht darstellen lassen, nichts aus.

§. 81.

Aus §. 79. ergiebt sich, daß eine Sonnen- oder Mondfinsterniß nur dann Statt finden kann, wenn die Sonne zur Zeit eines Neu- oder Vollmonds in der verlängerten Knotenlinie der Mondbahn, oder nahe bey derselben steht; daraus folgt weiter, daß im Allgemeinen die periodische Wiederkehr der Finsternisse von der Umlaufszeit der Sonne in Beziehung auf einen der Mondknoten, und von der synodischen Umlaufszeit des Mondes zugleich abhängen müsse.

Nun durchläuft die Sonne in 365 Tagen (nach §. 58.) 359°·45′ 40½″, und die Knotenlinie der Mondbahn bewegt sich in eben dieser Zeit rückwärts, oder der Sonne entgegen, um 19° 19′ 43″, 36 (§. 79.); folglich durchläuft die Sonne in Beziehung auf einen der Mondknoten in 365 Tagen volle 360° + 19° 5′ 23″, 76, woraus die Zeit zwischen zwey auf einander folgenden Zusammenkünften der Sonne mit demselben Knoten = 346 T. 14 St. 52′ 13″, 2 folgt, welche sich zu einem synodischen Monat nahe wie 223 : 19 verhält. Mithin befinden sich nach einer Periode von 223 synodischen Monaten, oder nach 18 Jahren (worunter vier Schaltjahre sind) 11 T. 7 St. 42′ 28″, 86 die Sonne und der Mond wiederum nahe in derselben Lage gegen den Mondknoten, und die Finsternisse, die von dieser Stellung abhängen, müssen ungefähr in gleicher Ordnung wiederkehren. Diese schon den Alten bekannte Periode (sie nannten sie die Chaldäische) *) gab ein einfaches Mittel an die Hand, Finsternisse vorherzusagen. Jedoch war und ist hierbey an die Vorausbestimmung der speciellen Umstände der einzelnen Finsternisse ohne tiefere Rechnung nicht zu denken. Jene Umstände aber müssen in jeder Periode anders beschaffen seyn. Denn 19 Umläufe der Sonne in Beziehung auf den Mondknoten erfordern einen Zeitraum, der um 10 St. 49′ 42″ größer ist als 223 synodische Monate, verändern also nothwendig die Beschaffenheit der während einer jener Perioden vorgefallenen Finsternisse, wozu auch die vielen und beträchtlichen Ungleichheiten der Bewegungen der Sonne und des Mondes beytragen. Was namentlich die Sonnenfinsternisse betrifft, so kann nur von ihrer Wiederkehr für die ganze Erde, nicht aber für gewisse, bestimmte Gegenden und Orte die Rede seyn, weil in letzterer Hinsicht sehr viel auf die Jahres- und Tageszeit und die davon abhängige Höhe der Sonne und des Mondes über dem Horizont ꝛc. ankommt, wie schon aus §. 71. folgt. Weiter unten (§. 97 — 102.) wird von den Finsternissen noch gründlicher gehandelt, und manches nachgetragen werden, was jetzt noch nicht gehörig verstanden werden kann.

Anmerk.

*) Diese Periode enthält zugleich 239 anomalistische, 241 periodische und 242 Knotenmonate. Die Alten erfanden mehrere dergleichen Perioden; Hipparchus z. B. (einer der größten Astronomen des Alterthums; er beobachtete als Vorsteher des berühmten Alexandrinischen Museums den Himmel vom Jahre vor Chr. Geb. 160 bis 125.) eine von 126007 Tagen oder 345 Jahren, welche 4267 synodische, 4573 anomalistische und 4612 periodische Monate enthält, und eine andere von 161178 T. oder 441 Jahren und 103 Tagen, welche 5458 synodische und 5923 Knotenmonate in sich schließt. — In der Chaldäischen Periode ereignen sich gewöhnlich 70 Finsternisse, nämlich 29 Mond- und 41 Sonnenfinsternisse. Es kommen hiernach auf jedes Jahr im Durchschnitt etwa 4 Finsternisse, und die Sonnen- und Mondfinsternisse verhalten sich wie 7 : 5. Doch ist die Zahl der Finsternisse in jedem Jahre verschieden. Es hat Jahre gegeben, wie 1787, in denen sich 4 Sonnen- und 3 Mondfinsternisse einstellten; andere, wie 1788 (auch das gegenwärtige J. 1821. gehört zu ihnen), die nur 2 Sonnen- und gar keine Mondfinsternisse hatten. — Daß sich aber in einem Jahre wenigstens 2 Sonnenfinsternisse ereignen müssen, wird aus dem folg. Cap. erhellen.

§. 82.

Da der Mond unserer Erde näher ist als irgend ein anderer Weltkörper; so verursacht er nicht bloß Sonnenfinsternisse, sondern er muß auch alle übrigen Gestirne, die er auf seinem Wege antrifft, bedecken. Dieß geschieht auch wirklich, namentlich an folgenden hellen Fixsternen: dem Aldebaran, dem Siebengestirn, dem Regulus, der Spica und dem Antares (s. §. 25.). Ueberhaupt aber sind es nur etwa 200 Sterne von der ersten bis fünften Größe (der noch kleinern und der teleskopischen fast unzählige), die von dem Monde getroffen werden können. Die Bedeckungen der meisten derselben lassen sich schwer oder gar nicht beobachten, weil ihr allzuschwaches Licht vor dem Glanze des nahen Mondes erlischt; die aber beobachtet werden können, dienen eben sowohl wie die Sonnen- und Mondfinsternisse als Signale zur Ausmittelung der geographischen Länge verschiedener Oerter (§. 71.), nur daß bey ihnen, wie bey den Sonnenfinsternissen, wegen der verschiedenen Höhe,

in der der Mond von verschiedenen Standpuncten aus gesehen wird, die Berechnung der Zeit viel schwieriger ist. — Der Eintritt eines kenntlichen Sterns hinter dem Monde, besonders wenn er in den dunkeln Theil desselben fällt, läßt sich übrigens vollkommen genau beobachten, weil der Stern, so wie er den Mond berührt, wie ein Blitz verschwindet. Weniger leicht ist die Beobachtung des Austritts, besonders hinter dem hellen Mondrande, weil man die Zeit und den Punct des Austritts bereits mit einiger Genauigkeit kennen muß, wobey jedoch die Zeichnungen der Sternbedeckungen in den Ephemeriden (z. B. den Bode'schen Jahrbüchern) Hülfe leisten.

Auch Planeten werden je zuweilen, wiewohl äußerst selten, vom Monde bedeckt.

§. 83.

Ehe wir den Mond verlassen [1]), muß noch einer periodischen Verrückung in der Lage der Sterne gedacht werden, die eine offenbare Beziehung auf die in §. 79. erklärte rückgängige Bewegung der Knotenlinie jenes Weltkörpers hat.

Durch das Vorrücken der Nachtgleichen (§. 48.) machen die Weltpole in 25800 Jahren einen Umlauf um die Pole der Ekliptik. Allein bey jener langsamen Umdrehung ist die Weltaxe einer geringen Schwankung oder Nutation [2]) unterworfen. Diese Schwankung verrückt die Weltpole ein wenig von dem Kreise, den sie um die Pole der Ekliptik beschreiben, und macht, daß sie in einem kleinern Kreise von 18″ im Durchmesser (eigentlich in einer Eklipse, deren größter Durchmesser = 19″, 3, der kleinste nur = 14″, 4 ist) um einen auf dem größern Kreise jedes Jahr um $50\frac{1}{2}$″ fortrückenden Punct, den man als den mittlern Pol ansehen muß, in etwa $18\frac{1}{2}$ Jahren herumwandeln. Da nun diese Periode dieselbe ist, in welcher die Knoten der Mondbahn um den ganzen Himmel herumrücken, und beyde Erscheinungen (das Schwanken der Weltaxe und die Bewegung der Mondknoten) immer mit einander wieder von vorn anheben;

so läßt sich ein gewisser nothwendiger Zusammenhang zwischen denselben nicht verkennen, der auch in der That durch die Lehrsätze der physischen Astronomie streng bewiesen wird.

Durch die Nutation wird die Rectascension und Declination der Sterne ein wenig geändert. Daher muß eine neue Correction bey ihnen angebracht werden, zu deren Erleichterung man Nutationstafeln [3]) verfertigt hat. Diese Tafeln enthalten nämlich die Anzahl von Secunden, die man zu der mittlern Rectascension und Declination eines Sterns addiren, oder davon subtrahiren muß, um die wahre, welche die Beobachtungen geben, zu finden.

Anmerk.

1) Auch vom Monde mußte etwas umständlicher gehandelt werden, nicht nur, weil er schon an sich, als der unserer Erde zunächst stehende und ihr zunächst angehörige Weltkörper, ein ganz vorzügliches Interesse für uns hat, sondern auch, weil eine ganze Classe von untergeordneten Himmelskörpern, nämlich die Trabanten (§. 38.), denselben Gesetzen der Bewegung unterworfen ist, denen der Mond folgt. Daher können wir auch weiter unten bey jenen kürzer seyn.

2) Sie ward von James Bradley, einem der vortrefflichsten Beobachter, die je gelebt haben (geb. 1692. zu Shirnborn in England, gest. 1762.) im Jahre 1728. entdeckt.

3) *de Zach*, Tabulae speciales Aberrationis et *Nutationis* etc. 2 Vol. 8. Gothae 1806.; — dessen Nouvelles Tables d'Aberration et *Nutation* pour 1404 étoiles etc. Paris 1812. 8., dazu Supplément aux dites Tables etc. 1813.

VII. Capitel.

Sonne, Mond und Erde nach ihren gegenseitigen Abständen und Größen.

§. 84.

Zu allen Zeiten hat man versucht, die Entfernung und die eigentliche Größe der Sonne und des Mondes, als derjenigen Weltkörper, die unserer Erde am nächsten stehen,

durch diejenigen Mittel zu bestimmen, welche der jedesmalige Zustand der Wissenschaft darbot. Die Abstände jener Himmelskörper von uns können nur vermittelst der sogenannten Parallaxe mit gehöriger Sicherheit gemessen werden. Die Parallaxenrechnung aber setzt eine genaue Kenntniß von der wahren Gestalt und Größe des Erdkörpers voraus, und nur auf diese läßt sich zugleich die Ausmessung der wahren Größe der Sonne und des Mondes gründen; so wie auch die Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternisse durch dieselbe mehr Genauigkeit erhält. Es muß also vor allen Dingen das Nöthigste über die Bestimmung der wahren Gestalt und Größe der Erde beygebracht werden.

§. 85.

Ob die Erde eine vollkommne Kugel sey, oder ob sie von der Kugelgestalt etwas abweiche, kann durch die bisher angeführten Erfahrungen und Beobachtungen, welche nur im Allgemeinen für die Sphäricität des Erdkörpers sprechen, nicht ausgemacht werden. Selbst bey Mondfinsternissen ist es unmöglich, eine Abweichung von der Kugelgestalt der Erde, wenn sie auch wirklich Statt findet, an der Rundung des Erdschattens (§. 69.) wahrzunehmen, da dieser in der Gegend des Mondes eine in Vergleich mit dem wahren Durchmesser der Erde sehr geringe Breite hat, und daher auch von den zum Theil so beträchtlichen Unebenheiten der Erdoberfläche nicht das Mindeste an sich bemerken läßt. Es können also hier nur wirkliche Messungen entscheiden, die im Wesentlichen auf folgendem Verfahren beruhen: Man mißt ein Bogenstück eines Erdmeridians nach einem bekannten Längenmaße (z. B. nach Ruthen, Klaftern *) ꝛc.), und beobachtet am Anfange und am Ende desselben die Entfernung eines und desselben Fixsterns vom Zenith im Meridian. Findet man nun, daß der Stern am Ende des gemessenen Bogenstücks z. B. um 1° dem Zenith näher gekommen ist, als er am Anfange desselben war, so siehet man daraus, daß man auch

auf der Erde um 1° weiter gekommen ist. Denn es sey in Fig. 6. ein Beobachter in T auf der Erde TFtGT; so ist Z der Ort seines Zeniths an der scheinbaren Himmelssphäre RZrnR, von welchem ein Stern S um den Bogen ZS entfernt steht. Geht der Beobachter auf seinem irdischen Meridian GTF von T nach B, so wird daselbst L sein Zenith und der Bogen LS am himmlischen Meridiane HZh der Abstand desselben von dem Stern S. Der Stern hat sich also in B um den Bogen ZL dem Zenith genähert, und so viele Grade, Minuten ꝛc. jener Bogen beträgt, so viele Grade, Minuten ꝛc. beträgt auch der auf der Erde zurückgelegte Bogen TB. — Ist die Erde eine geometrische Kugel, so sind alle auf die angegebene Weise gemessenen Grade ihrer Meridiane, die dann als vollkommne Kreislinien angenommen werden müssen, einander gleich; oder man wird, so oft man am himmlischen Meridiane um 1° weiter gemessen hat, jedesmal auf dem concentrischen Erdmeridiane genau 15 geographische Meilen (denn so viele rechnet man auf einen Grad) weiter gekommen seyn. Weicht aber die Erde von der Kugelgestalt ab; dann kann dieser Fall nicht Statt finden. Sie sey z. B. um die Pole herum weniger gekrümmt, als in der Gegend des Aequators; so müßte man dort länger als die vorigen 15 Meilen gehen, ehe der Unterschied des Zenithabstandes eines Sterns = 1° werden würde. Denn bey einer ganz ebenen oder flachen Erde könnte man 5, 10, 20 ꝛc. mal 15 Meilen in gerader Linie von Süden nach fortrücken, ohne daß zuletzt ein Stern, wegen seiner in Vergleich mit der zurückgelegten Strecke Weges allzugroßen Entfernung, dem Zenithe näher zu stehen schiene. Sollte demnach wirklich die Erde gegen die Pole zu flacher seyn; so müßten auch ihre Grade in dieser Gegend länger ausfallen: und wäre sie in der Mitte, d. h. um den Aequator herum stärker gekrümmt; so müßten die Grade hier kürzer seyn, oder man würde keine vollen 15 Meilen zurückzulegen haben, um einen Stern sich dem Scheitelpuncte um 1° nähern zu sehen.

Anmerk.

*) Man hat sich zeither dazu immer der franz. Toisen oder Klaftern bedient, deren eine = 6 Par. Fuß. Dieser hält 1440 solcher Theile, deren der Rheinländische Fuß nur 1392 hat, oder er verhält sich zu diesem wie 1440:1392, oder nahe wie 89:86. Zwölf Rheinl. Fuß machen eine Rheinl. Ruthe.

§. 86.

Man hat wirklich bereits unter verschiedenen Graden der Breite auf die im vorigen §. nur im Allgemeinen angedeutete Weise sehr genaue Messungen ausgeführt *), um aus der Vergleichung der gemessenen Meridianbogen einen sichern Schluß auf die wahre Gestalt der Erde machen zu können. Die ganze dabey Statt findende Operation ist, wie aus dem Vorigen erhellet, theils astronomisch, theils geodätisch oder geometrisch. In jener Hinsicht müssen die zur Beobachtung dienenden Sterne in der Nähe des Zeniths gewählt werden, um der Wirkung der Strahlenbrechung so viel als möglich auszuweichen. Was das geodätische Verfahren betrifft, so sieht man leicht, daß die Entfernung der beyden äußersten Oerter — wir wollen sie A und B nennen —, zwischen denen der zu messende Meridianbogen AB enthalten ist, nicht unmittelbar gefunden werden kann. Man muß vielmehr trigonometrisch zu Werke gehen, d. h. man muß mehrere Standpuncte längst und neben der Mittagslinie nehmen, ihre Lage gegen diese und unter einander selbst genau bestimmen, und daraus eine Reihe von zusammenhängenden Dreyecken bilden, deren Spitzen die Linie AB, die man eigentlich messen will, von beyden Seiten einschließen, so daß AB mit den Dreyecken durch irgend eine Linie zusammenhängt. Von jedem Dreyecke werden bloß die Winkel mit den vollkommensten Instrumenten gemessen, woraus das Verhältniß aller Seiten gegen einander nach untrüglichen Lehrsätzen der Trigonometrie berechnet wird. Am Ende wird irgend eine Linie, als Basis der ganzen Rechnung, mehrmals mit der schärfsten Genauigkeit gemessen, woraus alle übrigen Linien, deren Verhältniß schon

bekannt ist, und endlich auch die gesuchte Länge der Linie AB nach dem zum Grunde gelegten Maßstabe gefunden wird. — Kennt man nun die Länge des Bogens AB nach Klaftern ꝛc., und dessen Größe nach Graden oder Gradtheilen, so läßt sich hieraus, wenn man die Erde noch als eine Kugel annimmt, die Länge eines jeden Erdgrades, so wie der Umfang eines ganzen Meridians, überhaupt eines größten Kreises, nach demselben Maße, durch die Regel de Tri finden.

Anmerk.

*) Das Weitere, namentlich auch das Geschichtliche davon muß man in Werken über die mathemat. Geographie, z. B. in denen von Bode (Anleit. zur phys., mathemat. ꝛc. Kenntniß der Erdkugel), von Kästner (Weitere Ausführung der mathem. Geogr. ꝛc. Götting. 1795. 8.), von Walch (Ausführl. mathem. Geogr. ꝛc. 3. Aufl. Gött. 1807. 8.), und was besonders die ältern Messungen betrifft, in dem Lulof'schen Werke (Einleit. zu der mathem. ꝛc. Kenntniß der Erdkugel. Aus dem Holländ. übersetzt von Kästner. Gött. und Leipz. 1755. 4.) suchen. Man vergl. auch meine Darstellung des Weltsystems S. 232. ff., wo man noch viel mehrere literärische Nachweisungen findet.

§. 87.

Die Resultate aller, besonders in den neuesten Zeiten ausgeführten Gradmessungen stimmen darin überein: daß die Meridiangrade am Aequator am kleinsten sind, und von da bis zu den Polen immer zunehmen. Ein in Peru z. B. gemessener Grad, dessen Mittelpunct in die nördliche Breite von $1^\circ\ 33'\ 30''$ fiel, beträgt 56753 Toisen; ein in Frankreich unter einer Breite von etwa 46° gemessener 57018 T., und ein neuerdings in Lappland unter der Polhöhe von 66° gemessener 57188 T. Aus dieser Zunahme folgt, daß die Erde an den Polen eingedrückt ist. Man nehme statt der Erde in Gedanken eine weiche Kugel (etwa von der Größe eines gewöhnlichen Erdglobus) und drücke sie zwischen den Händen an den Endpuncten eines ihrer Durchmesser zusammen; so wird sie sich in der Mitte, d. h. am Aequator

erheben oder gekrümmter werden, während sie an den Stellen, wo der Druck geschieht, d. h. an den Polen ihre vorige Krümmung verliert oder flacher wird, so daß sich hier die Meridiane oder Breitenkreise mehr den geraden Linien nähern, während sie beym Aequator mehr davon abweichen. Die geringere Krümmung an den Polen bringt es nothwendig mit sich, daß man daselbst durch eine größere Strecke gehen muß, um einen Bogen von 1° zurückzulegen, als in der Gegend des Aequators, oder daß die Breitengrade bey den Polen am größten sind, und nach dem Aequator hin abnehmen (§. 85.). Da dieß nun wirklich aus den bisherigen Messungen folgt; so muß man umgekehrt daraus schließen: daß die Erde unter den Polen eingedrückt oder abgeplattet ist, daß also die gerade Linie zwischen ihren Polen, oder ihre Axe, ihr kleinster, und der Durchmesser des Aequators ihr größter Durchmesser ist.

Wir wollen annehmen, die Erde sey ein elliptisches Sphäroid, d. h. ein sphäroidischer Körper, der dadurch entsteht, daß, wie in Fig. 3., eine Ellipse AGPBA sich um ihre kleine Axe ap dreht. Hiernach wären alle Erdmeridiane Ellipsen, und es ließe sich aus zwey gemessenen Graden des einen derselben die wahre Gestalt aller dieser Ellipsen, und der Unterschied zwischen der großen und der kleinen Axe des elliptischen Erd-Sphäroids, kurz die Abplattung der Erde, aus Gründen, welche die höhere Geometrie an die Hand giebt, bestimmen. Allein die Vergleichung der in verschiedenen Ländern und Gegenden, z. B. in Frankreich, Peru und Lappland gemessenen Breitengrade giebt verschiedene Verhältnisse der großen und kleinen Axe; der in Frankreich und Peru wie 311:310; der in Frankreich und Lappland, wie 129:128; der in Peru und Lappland wie 215:214, ꝛc. Die Erde scheint also kein vollkommen-elliptisches Sphäroid zu seyn; aus der Vergleichung eines am Vorgebirge der guten Hoffnung gemessenen Grades mit dem Peruanischen ergiebt sich sogar ein Verhältniß der beyden Axen wie 78:77, woraus folgt, daß die südliche

Halbkugel der Erde der nördlichen ziemlich unähnlich und weit flacher ist als diese, — wofern nicht etwa Fehler in den Messungen anzunehmen sind.

§. 88.

Die größte unter allen bisherigen Gradmessungen ist die, welche in den Jahren 1792. bis 1798. von De Lambre und Mechain angefangen und durch ganz Frankreich hindurch, von Dünkirchen bis Barcellona in Spanien fortgeführt, weiterhin aber (seit 1806.) von Biot, Arago und Rodriguez wieder vorgenommen und bis zur Insel Formentera im Mittelländischen Meere verlängert, hierauf sogar nördlich jenseits des Canals zwischen Frankreich und England fortgesetzt, und dadurch, daß man die Küsten dieser beyden Länder durch Triangel verband, mit dem Meridian von Greenwich in Verbindung gesetzt worden ist. Der ganze ungeheure Bogen umfaßt den 7ten Theil der Entfernung des Aequators vom Nordpole, und ist mit der alleräußersten Genauigkeit und den vollkommensten astronomischen und geodätischen Werkzeugen gemessen worden. [1]) — Die Messung in Lappland hat man ebenfalls (durch Svanberg ꝛc. 1801 — 1803.) wiederholen lassen und die früher daselbst ausgeführte dadurch berichtiget. [2]).

Auch aus diesen neuesten Messungen ergiebt sich, daß die Grade der Breite, obschon nicht ganz gleichförmig, von Süden nach Norden hin zu-, und umgekehrt abnehmen, so daß die, wenn auch nicht allzu beträchtliche, Abweichung der Erde von der Kugelgestalt nunmehr als eine völlig ausgemachte Sache angesehen werden muß.

Meistentheils wird jetzt die Abplattung der Erde $= \frac{1}{334}$ angenommen, welches so viel sagen will, daß die Erdaxe um $\frac{1}{334}$ des Durchmessers vom Aequator kleiner als dieser, oder $\frac{333}{334}$ desselben sey. Es beläuft sich also, wenn man

nach §. 89. den Durchmesser des Aequators = 1719 Meilen setzt, die Abplattung nur auf 5 Meilen, so daß die Erdaxe 1714 Meilen lang ist.

Anmerk.

1) S. Base du Système métrique décimal, ou Mesure de l'arc du Méridien compris entre les Parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792. et années suiv. par M. M. Méchain et Delambre; 4 Bände in gr. 4. Par. 1806-1810. — Der Titel dieses Werks veranlaßt zu der Bemerkung: daß man in Frankreich auf die Messung des durch Paris gehenden großen Meridianbogens ein neues Maß- und Gewichtssystem gegründet hat, mit welchem man bekannt seyn muß, um die neuern Schriften der franz. Astronomen, z. B. eines La Place, De Lambre, Biot u. A. zu verstehen. Man s. des erstern Exposition du Syst. d. M. 4me Edit. in 4. p. 76—82. — Die Einheit des neuen Längenmaßes, oder das Normal-Längenmaß, ist der zehnmillionste Theil des Quadranten eines Erdmeridians, und ist = 0,513074 Toisen = 3 Fuß 0 Zoll 11,296 Lin. franz. = 3 F. 2 Z. $2\frac{3}{4}$ Lin. rheinl. Da aber die von irgend einer metallischen Masse verfertigten Maßstäbe mit der Abwechselung der Temperatur bekanntlich etwas länger oder kürzer werden; so hat man die Temperatur des schmelzenden Eises = 0° am Reaum. Thermometer als die Normaltemperatur angenommen, so daß der eiserne Mètre der 10millionste Theil des Meridianquadranten ist, wenn er diese Temperatur hat.

Zur Bequemlichkeit der Rechnung hat man ferner geglaubt alle Maße nach dem Decimalsystem eintheilen zu müssen. Der Quadrant enthält hiernach (nicht 90, sondern) 100 Grade, ein Grad 100 Min., eine Min. 10 Sec., so daß ein Decimalgrad = 54′, eine Decimalminute = 32″, 4 und eine Decimalsecunde = 0,324″ der alten Eintheilung ist. Auch die gewöhnliche Zeiteintheilung hat man verändert; ein Tag ist nämlich = 10 Stunden, 1 St. = 100 Min., 1 Min. = 100 Sec. gesetzt worden. Hiernach ist eine Decimalstunde = 2 St. 24 Min., eine Decimalmin. = 1 Min. 26,4 Sec., eine Decimalsecunde = 0,864 Sec. der alten Eintheilung.

2) S. Exposition des Opérations faites en Lapponie, pour la Détermination d'un arc du Méridien en 1801 — 1803. par Ösverbom, Svanberg, Holmquist et Palander. Stockh. 1805. 8.

§. 89.

Bey sehr vielen astronomischen Rechnungen kann die Erde, ihrer geringen Abplattung wegen, als eine Kugel

betrachtet werden. Allein es ist klar, daß man weder den größten, noch den kleinsten Durchmesser der abgeplatteten Erde für den Durchmesser der Kugel annehmen darf, sondern daß man zwischen beyden ein Mittel nehmen muß. Man verfährt hierbey am richtigsten, wenn man die Ellipse der Erdmeridiane nach obigen Messungen bestimmt, hieraus vermittelst der Natur der Ellipse den körperlichen Inhalt eines Sphäroids berechnet, das aus der Umdrehung einer solchen Ellipse um ihre kleinste Axe entsteht (§. 87.), und nun den Durchmesser einer Kugel sucht, die eben die körperliche Größe hat wie dieses Sphäroid. Auf diese Art findet man den Durchmesser der Erdkugel = 6532618 Toisen, den Halbmesser = 3266309 Toisen, den Umfang = 20522825. Rechnet man nach deutschen oder geographischen Meilen, deren 15 auf 1° des Aequators gehen, so kommen davon 1719 beynahe auf den Durchmesser, $859\frac{1}{2}$ auf den Halbmesser, und 5400 auf den Umfang der Erdkugel. Eine solche Meile ist daher = $3800\frac{1}{2}$ T. = 22803 Par. Fuß = 23598 Rheinl. Fuß, nach dem Verhältniß 86:89. Durch weitere Rechnung findet man den Flächenraum der Erde = 9281916 geogr. Quadratmeilen, und ihren körperlichen Inhalt = 2659 Millionen Cubikmeilen und etwas darüber.

§. 90.

Daß der Mond und die Sonne uns näher stehen, als die Fixsterne, ist aus dem Bisherigen hinlänglich bekannt. Von dem ungeheuern Abstande dieser letztern, den uns verschiedene der bereits angeführten Beobachtungen und Erfahrungen vermuthen ließen, können wir uns nunmehr einen bestimmtern Begriff machen.

Ein Beobachter in T (Fig. 6.) sieht nämlich von dem Himmelsgewölbe auf einmal die volle Hälfte RZr; von zwey Fixsternen, die um die ganze halbe Kreislinie RZr von einander entfernt sind, erblickt er zu gleicher Zeit den einen im Aufgehen, den andern im Untergehen. Man sollte

glauben, dieß könne nur auf einer Ebene RCr geschehen, die mit der Horizontalfläche des Beobachters parallel durch den Mittelpunct C der Erde geht. Da es aber schon in T der Fall ist; so müssen die Fixsterne so weit von der Erde stehen, daß der Halbmesser der Erde TC = 859½ geogr. Meilen (§. 89.) für nichts gegen ihre Entfernung zu rechnen und es also einerley ist, ob man sie von T oder von C aus betrachtet. — Nun unterscheidet man in der Astronomie den scheinbaren Horizont HTh von dem wahren RCr. Jener ist die Ebene, welcher die Erdfläche in T berührt, oder die nach allen Seiten hin erweiterte Fläche des in Ruhe befindlichen Meeres; dieser ist eine damit parallele, durch den Mittelpunct der Erde C gehende Ebene. Der wahre Horizont theilt die Himmelskugel in zwey gleiche Hälften, die sichtbare RZr und die unsichtbare Rnr, der scheinbare aber in zwey ungleiche, wovon die sichtbare HZh kleiner als die unsichtbare Hnh ist: denn man sieht leicht, daß jede gerade Linie, die man nach irgend einem Puncte unterhalb der Fläche Hh zieht, die undurchsichtige Erdfläche bey T schneiden, daß folglich ein Himmelskörper unsichtbar werden muß, der unterhalb Hh, obgleich noch über Rr steht. Allein dieser Unterschied ist es eben, der bey den Fixsternen ganz wegfällt. Diese Weltkörper sind so weit von der Erde entfernt, daß in Beziehung auf dieselben T mit C, also auch der scheinbare Horizont Hh mit dem wahren Rr zusammenfällt, daß man sich also bey Beobachtung der Fixsterne an jeder Stelle der Erdoberfläche als im Mittelpunct der Erde befindlich ansehen kann.

Man denke sich noch einen Beobachter in t, der also der Antipode von jenem in T ist. In demselben Augenblick, wo der Stern h für den Beobachter in T untergeht, geht er für den Ort t in q auf; und umgekehrt, wenn ein Stern Q für t untergeht, geht er, ohne merklichen Zeitunterschied, für T in H auf. Die Linien, von zwey um einen ganzen Durchmesser der Erde von einander entfernten Orten nach einem und demselben Fixsterne gezogen, sind also so gut als parallel,

und es ist folglich der ganze Durchmesser T t der Erde = 1719 Meilen gegen die Entfernung der Fixsterne wie ein bloßer Punct zu betrachten. — Daß der scheinbare Abstand zweyer Fixsterne von einander, oder ihre gegenseitige Lage auch dann immer dieselbe bleibt, wenn man sie an zwey noch so weit von einander entfernten Standpuncten der Erde mißt, beweiset ebenfalls, daß die weitesten Entfernungen der Oerter auf der Erde gegen den Abstand jener Weltkörper von uns für nichts zu achten sind. Durch Hülfe der Fernröhre endlich kann man sich von den ungeheuern Abständen der Fixsterne auf eine augenscheinliche Weise überzeugen. Diese Werkzeuge vergrößern nämlich den Sehewinkel, unter welchem man entfernte Gegenstände erblickt, so daß diese wohl mehrere hundert-, ja tausendmal größer als mit bloßen Augen gesehen werden können; welches eben so gut ist, als ob sie uns um so viel mal näher gekommen wären. Diese wunderbare Wirkung der Teleskope ist sehr beträchtlich in Ansehung des Mondes, der Sonne und der Planeten, aber ganz unmerklich bey den Fixsternen, die selbst bey tausendmaligen Vergrößerungen untheilbare Puncte bleiben, folglich in eben dem Verhältnisse uns näher kommen könnten, ohne daß wir das Geringste davon bemerkten.

Erwägt man nun, daß die Fixsterne bey so ungeheuern Entfernungen und ungeachtet ihrer ganz unmerklichen Durchmesser uns gleichwohl ein so lebhaftes Licht zuschicken; daß die kleinsten von ihnen denselben Bewegungen unterworfen sind, die man an den hellsten und glänzendsten wahrnimmt, und daß an ihrer gegenseitigen Stellung nach langen Zeiträumen keine Veränderung bemerkt wird: so sieht man sich genöthigt anzunehmen, daß sie a) ihr Licht nicht von der Sonne oder irgend andern Himmelskörpern entlehnen, sondern durch sich selbst leuchten; daß sie b) Körper von überaus beträchtlicher, wenn auch verschiedener, Größe und von einer im allgemeinen gleichen Natur — kurz: daß sie insgesammt Sonnen sind.

§. 91.

Ein Gegenstand F (Fig. 21.) wird von A aus nach der Richtung AF oder bey C, von B aus nach der Richtung BF oder bey D gesehen. Diese Aenderung seines scheinbaren Orts, oder der Winkel AFB = CFD, den die nach seinem Mittelpuncte F gezogenen Gesichtslinien AF, BF machen, heißt seine Parallaxe, welche um so größer ist, je näher der Gegenstand F und je größer der gegenseitige Abstand der Puncte A, B, oder je länger die Standlinie (Basis) AB ist. Je entfernter also der Gegenstand F angenommen wird, desto größer muß die Basis AF genommen werden, damit die Parallaxe merklich werde. — Machen wir hiervon die Anwendung auf den Himmel, so ergiebt sich aus §. 90., daß die Fixsterne keine Parallaxe haben, weil auf der Erdkugel keine Standlinie groß genug gefunden werden kann, um mit ihrer Entfernung in ein Verhältniß gesetzt zu werden, das sich berechnen läßt. Die Linien AF, BF nach einem Fixsterne F müssen folglich als parallel angesehen werden, selbst wenn AB der Durchmesser der Erde ist. Ganz anders muß es sich mit einem Weltkörper verhalten, der der Erde viel näher ist als irgend ein Fixstern, und gegen dessen Abstand der Halbmesser der Erdkugel ein angebliches Verhältniß hat. Ein solcher Körper wird, wenn man ihn in einem und demselben Augenblicke an zwey sehr entfernten Oertern der Erde beobachtet, an verschiedenen Stellen des Himmels erscheinen, oder er wird eine Parallaxe haben, deren Basis die Entfernung beyder Beobachtungsörter ist. Es kommt nur noch darauf an, feste Puncte am Himmel aufzufinden, mit denen man den Weltkörper vergleichen kann, um dadurch seine scheinbare Lage an jedem Standpuncte zu bestimmen; und eben hierzu dienen die Fixsterne, weil sie selbst keine Parallaxe haben.

Da der Mond unserer Erde am nächsten steht, so wird seine Parallaxe, wofern sie Statt findet, sich am leichtesten bestimmen lassen. Wir wollen dieß also näher untersuchen.

§. 92.

Wenn der Mond eine mit dem Halbmesser der Erde vergleichbare Entfernung von uns hat; so wird er von einem Beobachter auf der Erdoberfläche nicht an demselben Orte des Himmels gesehen, an welchem ihn ein im Mittelpuncte der Erde befindliches Auge erblicken würde. Jener Ort heißt der scheinbare, dieser der wahre Ort des Mondes. Nun sey EPD (Fig. 6.) ein Theil der Mondbahn um die Erde TGtFT. Ist der Mond in P′, so sieht ihn ein Beobachter in T nach der Linie TP′, während er von dem Mittelpuncte der Erde C aus nach der Linie CP′ am Himmel erscheint. Der Winkel TP′C, welchen beyde Linien am Mittelpuncte des Mondes machen, heißt der parallactische Winkel. Verlängert man die Schenkel desselben bis an die Fixstern-Sphäre ZRn, nämlich TP′ bis H′, und CP′ bis M′; so erscheint der Mond dem Auge T in H′, dem Auge C aber in M′, und es müssen H′, M′ verschiedene Puncte seyn, weil CP′, TP′ verschiedene gerade Linien sind, die nur P′ gemein haben, da dann der Bogen M′H′, als das Maß des Winkels M′P′H′ = TP′C die Parallaxe des Mondes ausmacht. — Wenn der Mond im Horizonte von T steht, also von T aus in H, und von C aus in M gesehen wird; so heißt der Bogen MH die Horizontalparallaxe des Mondes. Der dazu gehörige Winkel MPH = TPC ist dem Abstande des scheinbaren Horizonts Hh vom wahren Rr gleich, oder es ist TPC = PCR. Die Horizontalparallaxe des Mondes ist auch, wie schon die Figur zeigt, die scheinbare Größe des Erdhalbmessers TC für des Mondes Mittelpunct P; oder sie ist die Hälfte des Winkels, unter welchem der Durchmesser der Erde Tt von dem Mittelpuncte des Mondes aus gesehen wird. — Jede andere Parallaxe, da der Mond über dem Horizonte von T steht, wie M′H′, heißt die Höhenparallaxe des Mondes. Diese wird, wenn der Mond im Zenithe E steht, Null, oder der wahre Ort des Mondes fällt dann für T mit dem

scheinbaren zusammen, weil die Verticallinie ZC oder die Linie durch den Mittelpunct der Erde C und den Beobachtungsort T zugleich durch den Mond E geht. In dem Maße aber, wie der Mond vom Zenith entfernt steht, fallen die beyden Linien, die aus dem Mittelpuncte der Erde und aus dem wirklichen Beobachtungsorte nach demselben gezogen werden, aus einander; sie entfernen sich desto weiter, je größer der Abstand des Mondes vom Zenith ist, und der Winkel, den sie einschließen, wird am größten, wenn der Mond im Horizonte steht; kurz, die Horizontalparallaxe CPT ist größer als jede andere Parallaxe CP'T [1]).

Kennt man die Horizontalparallaxe, so läßt sich daraus nach einer einfachen trigonometrischen Regel jeder andere parallactische Winkel, und umgekehrt läßt sich aus jeder gegebenen Höhenparallaxe die Horizontalparallaxe herleiten. [2])

Anmerk.

1) Alles, was hier von der Parallaxe in Beziehung auf den Mond gesagt worden ist und noch im Folgenden gesagt wird, muß auf alle übrigen Weltkörper, bey denen eine Parallaxe Statt findet, angewendet werden.

2) Es werde die scheinbare Entfernung des Mondes vom Zenith $P'TE = d$, seine scheinbare Höhe $P'TP$ (als das Complement von d) $= a$, die Horizontalparallaxe $CPT = H$, und die Höhenparallaxe $CP'T = p$ genannt; so ist in dem bey T rechtwinklichten Dreyeck CTP $\sin H = \frac{CT}{CP}$, und im $\triangle CP'T$ $\sin p = \frac{CT \cdot \sin CTP'}{CP'}$. Nun ist $\sin CTP' = \sin P'TE = \sin d = \cos a$, und $CP' = CP$ (weil der Mond durch seine tägliche Bewegung seine Entfernung vom Mittelpuncte der Erde nicht ändert); setzt man also $\sin d$ oder $\cos a$ statt $\sin CTP'$, und CP statt CP', d i. $\frac{CT}{CP}$, oder $\sin H$ statt $\frac{CT}{CP'}$, so erhält man $\sin p = \sin H \cdot \sin d = \sin H \cdot \cos a$; oder da bey so kleinen parallactischen Winkeln, wie sie beym Monde Statt finden, die Bogen von ihren Sinus nicht merklich abweichen, $p = H \cdot \sin d$, oder $p = H \cdot \cos a$. Da nun alle Sinus und Cosinus kleiner als 1 sind; so ist jede Höhenparallaxe p kleiner als die Horizontalparallaxe H, und zwar im Verhältniß des Cosinus zu 1.

Kennt man also die Horizontalparallaxe H, so findet man daraus die Parallaxe p in jeder scheinbaren Höhe a, wenn man in den trigonometrischen Tafeln log cos a aufsucht, und ihn zu log H addirt; so wie sich umgekehrt, wenn man in einer gewissen Höhe a durch Beobachtungen p bestimmt hat, daraus auch H ergiebt, wenn man p durch cos a dividirt.

§. 93.

Die Linien CP′ und TP′ nach dem Monde liegen in der Scheitelfläche CTP′ des Beobachtungsortes T. Der Mond P′ erscheint aber dem Auge in T in einem um so viel größern Abstande vom Scheitel Z, also in einer um so viel kleinern Höhe über dem Horizont Hh, als dem Auge im Mittelpuncte C, um so viel der parallactische Winkel beträgt, weil ZCP′ = ZTP — TP′C. Der Abstand des Mondes vom Scheitel wird folglich um dessen Parallaxe M′H′ vergrößert, und die Höhe um eben so viel vermindert; d. i. ZH′ = ZM′ + M′H′, und RH′ = RM′ — M′H′. Die beobachteten Höhen des Mondes müssen demnach nicht nur durch die Refraction (§. 32. 33.), sondern auch durch die Parallaxe verbessert werden, so daß die beobachtete Höhe + Parallaxe — Refraction die wahre Höhe, oder der beobachtete Zenithabstand — Parallaxe + Refraction den wahren Abstand vom Scheitel gebe.

§. 94.

Um nun die Parallaxe des Mondes zu erfahren, müssen zwey Beobachter an zwey möglichst weit von einander entfernten Standörtern unter einerley Meridian den Mittelpunct des Mondes in dem Augenblick beobachten, da er durch ihren Mittagskreis geht, und seine Entfernung von einem und demselben nahestehenden Fixstern messen, wozu man große Quadranten, oder noch lieber Sectoren (d. h. Instrumente, deren Limbus weniger als 90° beträgt, als: Sextanten und Octanten), die auf das schärfste eingetheilt sind, so daß man einzelne Secunden unterscheiden kann, gebraucht; beyde Weltkörper, der Mond und der

Fixstern, gehen dann innerhalb des eingetheilten Sectors zugleich durch den Meridian. Es werde nun auf die eben beschriebene Weise der Mond L (Fig. 17.) von zwey Beobachtern aus A und B mit dem Fixsterne F verglichen. Der Abstand beyder Gestirne von einander wird von den Beobachtern = LAF, LBF gefunden; denn die Linien AF, BF gehen parallel nach demselben Fixsterne F, weil dieser keine Parallaxe hat (§. 90. und 91.). Man findet daher den Winkel ALB, indem man die beyden gemessenen Winkel entweder von einander abzieht, oder zu einander addirt, je nachdem L beyden Beobachtern entweder auf einerley Seite, oder auf verschiedenen Seiten des Fixsterns liegt. Denn findet das erstere Statt, wie in der Figur, wo F beyden Beobachtern unter L, zum Beyspiel nach Süden zu steht; so fällt die mit AF parallele LG über LA, und es ist ALB = GLB — GLA ± FBL — FAL, weil FBL = GLB, und FAL = GLA ist. Steht aber der Fixstern dem einen Beobachter an der Nord-, dem andern an der Südseite des Mondes L; so fällt LG unter LA, und es ist ALB = GLB + GLA. Sind nun DAC, EBC die Scheitellinien der Beobachter, so kennen sie auch die Winkel DAL und EBL, als die Complemente der von ihnen gemessenen Höhen des Mondes L, woraus sie die Höhenparallaxe des Mondes und vermittelst dieser (nach §. 92. Anm. 2.) auch dessen Horizontalparallaxe zu berechnen im Stande sind [1]).

Ungefähr auf diese Art hat man gefunden, daß der Mond wirklich eine beträchtliche Parallaxe hat [2]). Diese muß aber größer oder kleiner ausfallen, je nachdem der Mond näher bey der Erde, oder weiter von ihr steht (§. 75.). Auch kommt bey Berechnung der Mondparallaxe die abgeplattete Gestalt der Erde (§. 87.) in Betracht; denn vermöge dieser letztern muß jene unter dem Aequator — man nennt sie hier die Aequatorial-Parallaxe — am größten seyn, von da aus gegen die Pole hin immer mehr abnehmen, und unter den Polen selbst am kleinsten werden. Nimmt man den Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Halb-

messer der Erde zu höchstens $\frac{1}{200}$ an (§. 88.), so findet man die Aequatorialparallaxe des Mondes für dessen mittlere Entfernung von der Erde etwa $57\frac{1}{2}'$, welcher Winkel dem Halbmesser des Aequators der Erde, vom Monde aus gesehen, gleich ist (§. 92.). Die gröſste Horizontalparallaxe des Mondes für einen Ort unter dem Aequator ist etwa $61\frac{2}{3}'$, die kleinste etwas über $54'$.

Anmerk.

1) Obige Methode ist am leichtesten hier zu verstehen, ob sie gleich, namentlich bey dem Monde, mit verschiedenen Abänderungen gebraucht worden ist und gebraucht werden kann. Bey dem Planeten Mars hat sie, wie weiter unten erwähnt werden wird, eine genauere Anwendung gefunden.

2) Die genauesten Beobachtungen der Mondparallare haben in neuern Zeiten, nämlich im J. 1751., La Lande und Lacaille, jener in Berlin, dieser auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung angestellt. Man s. *La Lande*, Astron. I. §. 1650. und 1651.

§. 95.

Aus der Horizontalparallaxe des Mondes wird dessen Entfernung vom Mittelpuncte der Erde, und aus dieser und dem scheinbaren Halbmesser des Mondes dessen wahre Gröſse berechnet. In dem bey T (Fig. 6.) rechtwinklichten Dreyeck TCP ist nämlich TPC die Horizontalparallaxe des Mondes P (§. 92.), und zugleich der Sehewinkel, unter welchem der Halbmesser der Erdkugel TC in P erscheint. Es ist aber $CP : TC = 1 : \sin TPC$ oder $= 1 : \sin P$; daher $CP = TP : \sin P$; woraus sich also die Entfernung des Mondes P vom Mittelpuncte der Erde C in Halbmessern der Erdkugel bestimmen läſst, wenn die Horizontalparallaxe von P bekannt ist. Diese sey im Mittel für den Aequator der Erde (um sie etwas genauer wie in §. 94. anzunehmen) $= 57' 24'', 5$. Da nun $CP = TP : \sin P$, P aber $57' 24'', 5$, also $\sin P = 0{,}0166986$ ist; so erhält man, indem man 1 mit dem sin P theilt, $CP = 59{,}88 . TC$, so daſs der Mond um 59, 88 oder ungefähr

um 60 Halbmesser der Erdkugel = 60 . 859½ geogr. Meilen (§. 89.) = 51570 geogr. M. vom Centro der Erde im Mittel entfernt ist. Hiernach beträgt die größte Entfernung des Mondes etwas über 63½, die kleinste etwas über 55⅔ Halbmesser des Erdäquators, d. h. gegen 55000 und 48000 geogr. Meilen.

Es sey ferner der mittlere scheinbare Durchmesser des Mondes, der jener mittlern Parallaxe angehört, = 31′ 24″, 5. Da nun der scheinbare Durchmesser der Erdkugel, aus dem Monde gesehen, der doppelten mittlern Horizontalparallaxe des Mondes unter dem Aequator gleich, also = 2 . 57′ 24″, 5 = 114′ 49″ ist, und bey so kleinen Winkeln sich die wirklichen Durchmesser wie die scheinbaren in gleichen Entfernungen verhalten; so folgt, daß der Durchmesser der Erde zum Durchmesser des Mondes wie 114′ 49″ : 31′ 24″, 5 = 13779 : 3769, oder wie 10, 967 : 3 ist, wofür man in ganzen Zahlen 11 : 3 setzen kann. — Es ist aber 13779 : 3769 auch wie 3, 656 : 1. Da nun die Oberflächen der Kugeln sich wie die Quadrate, und ihre Räume wie die Würfel ihrer Durchmesser verhalten, das Quadrat aber von 3, 656 = 13, 366, und der Würfel = 48, 867 ist; so folgt, daß die Erde eine über 13⅓ mal größere Oberfläche hat, und einen 48, 867 oder fast 49 mal größern Raum umschließt, als der Mond. Sie leuchtet also auch unfehlbar dem Neumond fast 14 mal stärker, als der Vollmond uns.

§. 96.

Die Horizontalparallaxe der Sonne ist so klein, daß sie durch die bisher beschriebene Methode sich nicht mit Sicherheit bestimmen läßt. Man hat aber auf einem andern Wege (es wird im II. Abschn. davon die Rede seyn) gefunden, daß sie in der mittlern Weite der Sonne von der Erde etwa zwischen 8″, 6 und 8″, 8 beträgt. Wir wollen sie = 8″, 7 setzen, so finden wir auf eben die Art wie beym Monde, wenn wir 1 mit sin 8″, 7 oder mit 0, 00004218 theilen, daß die Sonne vom Mittelpuncte der Erde 23708 Erdhalb-

messer entfernt ist; eine ungeheure Weite, die 20′ 143600 geogr. Meilen beträgt, und von einer Kanonenkugel, wenn sie in jeder Secunde durch 1000 Fuß ginge, erst nach 15 Jahren zurückgelegt werden würde. Diese mittlere Entfernung der Sonne von der Erde ist etwa 400 mal so groß als die des Mondes; folglich ist die horizontale Sonnenparallaxe um 400 mal kleiner, als die Horizontalparallaxe des Mondes. — Die größte Entfernung der Sonne von der Erde ist = 20′ 483120, und die kleinste = 19′ 804150 geogr. Meilen, so daß uns die Sonne am 1. Jan. gegen 700000 Meilen näher ist als am 1. Juli, welches etwa den 30sten Theil der ganzen Entfernung beträgt.

Setzen wir ferner den scheinbaren mittlern Durchmesser der Sonne = 1920″, 5, und die doppelte mittlere Horizontalparallaxe derselben = 17″, 4; so verhält sich wieder, wie beym Monde, der Durchmesser der Erde zu dem der Sonne, wie 17, 4 : 1920, 5 oder wie 1 : 110, 37, also fast wie 1 : 111. Hieraus kann man sich einen sinnlichen Begriff von der außerordentlichen Größe der Sonne machen. Stellt man sich nämlich vor, daß sie den Ort der Erde einnehme; so sieht man leicht, daß sie, als eine Kugel angenommen, mit ihrem Volumen alles, bis weit jenseits der Bahn des Mondes, ausfüllen würde. Innerhalb ihres Umfanges, (wenn man sie sich hohl gedenkt) würde sich sogar noch ein zweyter Mond, fast in der doppelten Entfernung des wirklichen, um die Erde bewegen können, da der mittlere Abstand des Mondes von der Erde kaum 60 Erdhalbmesser (§. 95.) in sich faßt, und das Doppelte dieses Abstandes nicht viel größer als der Halbmesser der Sonne ist.

Das Quadrat von 110, 37 ist = 12181, 5369, und der Cubus = 1344476, 227653. Die Oberfläche der Sonne (die wir auch hierbey als eine Kugel annehmen) ist also über 12000 mal größer, als die Oberfläche der Erde, und ihr körperlicher Inhalt übertrifft den des Erdballs um beynahe 1′ 345000 mal, so daß aus ihrem gewaltigen Körper über $1\frac{1}{3}$ Millionen Erdkugeln gebildet werden könnten *).

Anmerk.

*) Ueber die Abweichungen der Angaben der Entfernung der Sonne von der Erde nach Halbmessern oder geogr. Meilen, so wie des wahren Durchmessers, des Flächenraums ꝛc. der Sonne, welche man in verschiedenen astron. Schriften findet, darf man sich nicht wundern, da bey der geringen Größe der Sonnenparallaxe sehr kleine Theile von Secunden in Betracht kommen, und schon $\frac{1}{100}$ Sec. einen Unterschied von etlichen tausend Meilen in der Entfernung ꝛc. giebt. Indeß machen bey dem ungeheuern Abstande der Sonne von der Erde einige 1000 Meilen nicht allzuviel aus, und jene von einander abweichenden Angaben kommen einander nahe genug, um den anderweitigen Berechnungen, die sich auf die Parallaxe und Entfernung ꝛc. der Sonne gründen, keinen sonderlichen Schaden zu thun.

§. 97.

Bey Berechnung der Mond- und Sonnenfinsternisse muß nicht nur der Lauf der Sonne und des Mondes, die Bewegung und der Ort ꝛc. dieser Körper (die Länge der Sonne, und die Länge und Breite des Mondes) für einen gegebenen Augenblick, sondern auch das Verhältniß der Größen und Entfernungen der Sonne, der Erde und des Mondes (man legt an deren Statt die jedesmaligen scheinbaren Halbmesser der Sonne und des Mondes und ihrer horizontalen Parallaxen zum Grunde) genau bekannt seyn; wozu die Sonnen- und Mondtafeln hülfreiche Hand bieten. Es mögen hier zu dem, was oben (§. 69. ff.) von jenen Erscheinungen im Allgemeinen gesagt worden ist, noch einige wenige Erläuterungen folgen, die aber den Gegenstand keinesweges erschöpfen. Die Berechnung aller einzelnen dahin gehörigen Umstände ist zu weitläufig, und besonders in Hinsicht der Sonnenfinsternisse zu schwierig, als daß sie hier angestellt oder durchaus verstanden werden könnte.

§. 98.

Der größere Kreis um S (Fig. 17*) stelle die Sonne, der kleinere um T die Erde vor. Die Linie ST durch die Mittelpuncte beyder Körper, der der Mond sich nähern muß, um in den Schatten zu treten, liegt beständig in der Ekliptik

(§. 70.), so wie auch die Geraden ABZ und GHZ, die die Sonne und Erde berühren, und in Z zusammenstoßen. Man lasse das Dreyeck AZG sich um STZ wie um eine Axe drehen, so daß die Puncte A, G und B, H Kreise auf der Oberfläche der Sonne und der Erde beschreiben; so entsteht ein geometrischer Kegel AZG, dessen Basis der Kreis AG oder BH ist, und dessen Spitze hinter der Erde in Z liegt, weil diese kleiner ist als die Sonne. Der Theil des Kegels BZH macht den sogenannten Kernschatten oder vollen Schatten aus, weil kein Sonnenstrahl in ihn dringen kann, und jedem darin befindlichen Auge E oder e die ganze Sonne von der Erde bedeckt wird. Zieht man aber die Linien AHN und GBN, die gleichfalls Sonne und Erde berühren, aber eine entgegengesetzte Lage haben, indem sie sich zwischen beyden Weltkörpern in einem Puncte C durchkreuzen; so entsteht durch ihre Umdrehung um dieselbe Axe STZ ebenfalls ein Kegel MCN auf der Basis BH, dessen Spitze aber in C liegt, so daß er sich hinter der Erde nach M und N hin ins Unendliche erweitert. Dieser Kegel schließt nicht nur den Kernschatten BZH ein, sondern er enthält auch noch zu beyden Theilen desselben die Räume MBZ und NHZ, welche zusammen der Halbschatten heißen. Es ist nämlich offenbar, daß jedem in diesem Raume befindlichen Auge O, O′ ꝛc. nur ein Theil der Sonne von der Erde bedeckt wird, und daß z. B. O von dem Theile KA der Sonne erleuchtet, also nur eines Theils KG ihres Lichts beraubt wird, oder in einem halben, d. h. unvollkommenen Schatten liegt. — Lange vorher, ehe der Mond bey C auf seiner Bahn QER in den vollen schwarzen Schatten der Erde einrückt, tritt er bey Q in den Halbschatten, der ihn gleich einem grauen Flor überzieht; aber die eigentliche Finsterniß beginnt oder endet, wenn der Mond in C oder D ist, und der Halbschatten verläßt ihn wieder in R. — Die Breite des Halbschattens ist allenthalben dem scheinbaren Durchmesser der Sonne gleich; denn die Winkel MBZ und NHZ sind = ABG und AHG. Längst CZ und DZ ist der Halbschatten am stärksten (weiterhin nach Q und R

muß er immer schwächer und unmerklicher werden) und vermehrt den wahren Schatten etwa um $\frac{1}{60}$ seines Halbmessers. Die Vermischung beyder Schatten macht es schwer, den Anfang und das Ende einer Mondfinsterniß (besonders jenen) deutlich zu unterscheiden. Deshalb wählt man auch zum Behuf der geographischen Längenbestimmung (§. 71.) irgend einen der vorzüglichsten Flecken (§. 131.), besonders derer, die der Axe TZ des Erdschattens am nächsten sind, zur Beobachtung aus; denn bey diesen läßt sich der Eintritt in den Schatten und der Austritt aus demselben (die Immersion und die Emersion) viel sicherer und genauer wahrnehmen, als bey den Flecken, die dem erleuchteten Theile des Mondes nahe sind. So beobachteten z. B. den 8. Aug. 1748. Bouguer in Paris und zugleich Heinsius in Leipzig bey der damaligen Mondfinsterniß den Eintritt des Flecken Tycho (§. 133.) in den Schatten, jener um 10 Uhr 36 Min. 28 Sec., dieser um 11 U. 16′ 32″. Wenn man den Unterschied dieser Zeiten = 40′ 4″ in Grade verwandelt (4′ auf 1° gerechnet); so zeigt sich, daß der Unterschied der Länge zwischen Paris und Leipzig 10° 1′ ausmacht, oder daß Leipzig um 10° 1′ östlicher liegt als Paris, folglich 30° 1′ Länge hat, wenn man die Länge von Paris (§. 20.) = 20° 0′ 0″ setzt.

§. 99.

Die Länge des Schattenkegels BZH der Erde (Fig. 17*) läßt sich auf diese Weise finden: Es sey SA und TB senkrecht gegen die Berührungslinie der Sonne und der Erde ABZ gezogen. Hierdurch entstehen die ähnlichen Dreyecke AST und BTZ; man hat also

$$AS : BT = SZ : TZ$$

oder $(AS - BT) : BT = (SZ - TZ) : TZ$

oder $(AS - BT) : BT = ST : TZ$

d. h. wie der Unterschied der Halbmesser der Sonne und der Erde sich zum Halbmesser der Erde verhält; so verhält sich die Entfernung

der Erde von der Sonne zur Länge des Schattenkegels.

Nimmt man nun die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde nur zu 59 Erdhalbmessern an, so findet man aus dieser Regel etwa 227 Halbmesser der Erde als die Länge des Schattenkegels, welche demnach jene mittlere Entfernung beynahe um 4 mal übertrifft. Hieraus folgt, daß bey jedem Vollmonde eine Finsterniß eintreten müßte, wenn der Mond allemal der Ekliptik, in der die Axe des Schattenkegels liegt (§. 98.), nahe genug wäre.

Auch der Halbmesser des Erdschattens an der Stelle, wo der Vollmond durch den Kernschatten geht, läßt sich leicht bestimmen. Da aber die Bahn des Mondes elliptisch und sehr excentrisch ist (§. 76.); so wird der Mond bald in größerer, bald in geringerer Entfernung, wie in c und C durch den Schatten gehen, und im ersten Falle wird der Durchschnitt des Schattens cd kleiner seyn als im letztern CD, so daß der Halbmesser des Schattens ce, CE = de, DE hauptsächlich von der Entfernung des Mondes oder seiner Parallaxe abhängt. Auch ist klar, daß die Größe des ganzen Schattenkegels von der Entfernung der Erde von der Sonne, oder der Sonnenparallaxe, welche ebenfalls veränderlich ist, abhängen muß. — Jeder senkrechte Durchschnitt des Schattenkegels, wie in E, ist ein Kreis, dessen scheinbarer Halbmesser DTE ist, weil der Bogen DE (man sieht es noch besser an de) so klein ist, daß er von einer geraden Linie nur unmerklich abweicht. Zieht man nun aus A durch T die Gerade ATF, so wird der Winkel DTF der Summe der beyden Winkel TDB und TAB gleich, weil es der äußere Winkel des Dreyecks TAD ist. Es ist aber TDB die Horizontalparallaxe des in D befindlichen Mondes, und TAB die Horizontalparallaxe des Punctes A in der Sonne. Wenn man also zur Horizontalparallaxe der Sonne die des Mondes nimmt; so erhält man den Winkel DTF, und wenn man von diesem den Winkel FTZ = ATS d. h. den scheinbaren Halbmesser der Sonne abzieht, so bleibt DTE. Hieraus folgt die Regel: um den Halb-

messer des Kernschattens der Erde zu finden, muß man die Horizontalparallaxen der Sonne und des Mondes addiren, und die Summe um den scheinbaren Halbmesser der Sonne vermindern. Durch wirkliche Rechnung findet man, daß der Halbmesser des Schattens, nach Verschiedenheit der Entfernungen des Mondes und der Sonne von der Erde, zwischen 37 und 47′ hält. Nimmt man den scheinbaren Halbmesser des Mondes nur zu etwa $15\frac{1}{2}'$ an, so ergiebt sich, daß der Halbmesser des Mondes etwa dreymal kleiner ist als der Halbmesser des Erdschattens, da wo der Mond durchgeht, daß folglich totale Mondfinsternisse nicht nur Statt finden, sondern auch eine beträchtliche Dauer haben können.

§. 100.

Um einzusehen, wie man die Grenzen einer Mondfinsterniß bestimmen könne, sey NK (Fig. 17**) ein kleiner Theil der Ekliptik und NL der Mondbahn, N der Knoten des Mondes, K der Mittelpunct des Durchschnitts des Erdschattens AB, L der Mittelpunct des vollen Mondes. KL sey auf KN in K senkrecht errichtet. Ist nun KA der Halbmesser des Durchschnitts des Erdschattens, so ist KL die Breite des Mondes im Augenblicke der ☍. Man sieht sogleich, daß keine Mondfinsterniß möglich ist, wenn die Breite KL größer ist als KA + AL, d. h. größer als die Summe des Halbmessers des Erdschattens in der Entfernung des Mondes und des scheinbaren Halbmessers LA des Mondes selbst. Addirt man die wirklichen Werthe beyder Halbmesser, so ergiebt sich, daß keine Finsterniß Statt finden kann, wenn im Vollmonde der Mittelpunct desselben über $62\frac{2}{3}'$ von der Ekliptik absteht, und daß eine Finsterniß sich ereignen muß, wenn dieser Abstand unter $51\frac{1}{2}'$ beträgt. — Ist die Breite des Mondes der Summe der Halbmesser des Erdschattens und des Mondes gleich, also LK = KA + AL, so berührt der Vollmond bloß den Erdschatten in A, ohne verfinstert zu werden; ist sie größer, so bleibt er vom Kernschatten ganz entfernt, ist

sie aber kleiner, so erleidet er unfehlbar eine Verfinsterung, entweder eine partiale oder totale, oder auch, wenn nämlich im letztern Falle der Mittelpunct des Mondes durch die Axe des Schattens geht, eine centrale. Jede centrale Finsterniß ist, wie aus dem Vorigen erhellet, zugleich total, und jede totale im Anfange und zu Ende partial. — Wenn die Breite Tl des Mondes dem Unterschiede zwischen dem Halbmesser des vollen Schattens und dem scheinbaren Mondhalbmesser gleich ist; so entsteht eine totale Mondfinsterniß ohne Dauer, weil der Mond, so bald er in diesem Falle nur etwas über T hinausgeht, sogleich oben bey M aus dem Schatten tritt. Ist seine Breite größer, so ist die Finsterniß nur partial; ist sie kleiner, so erfolgt eine totale Mondfinsterniß mit einer Dauer. Aus dem Bisherigen sieht man, daß die Breite des Mondes zuweilen von $31\frac{1}{2}$ Min. seyn kann, wenn er ohne Dauer total verfinstert wird, und daß bey einer Breite von $21\frac{1}{2}$ Min. allemal eine totale Mondfinsterniß, wenn gleich ohne Dauer, Statt findet. — Befindet sich der Mittelpunct des Mondes zur Zeit seiner ☍ in N, d. h. in dem Knoten der Mondbahn, so entsteht eine centrale Mondfinsterniß, deren Dauer am größten wird, wenn der Mond zugleich im Perigäo ist. Meistentheils ist aber der Mond, wenn er verfinstert wird, seinem Knoten bloß nahe; welche (größere oder kleinere) Nähe aus seiner Breite, wenn diese bekannt ist, berechnet wird. Hierdurch findet man, daß sich keine Mondfinsterniß zutragen kann, wenn der Mond über $12\frac{1}{2}^{\circ}$, und daß gewiß eine erfolgt, wenn er weniger als $9\frac{1}{3}^{\circ}$ von seinem Knoten entfernt ist. Zwischen 9° und $12\frac{1}{2}^{\circ}$ ist sie zweifelhaft, und man muß durch eine schärfere Rechnung untersuchen, ob die Breite des Mondes zur Zeit seiner wahren ☍ kleiner ist, als die Summe der alsdann Statt findenden Halbmesser des Mondes und des Erdschattens.

Man bestimmt die Größe einer Mond- (und so auch einer Sonnen-) Finsterniß nach Zwölftheilen des scheinbaren Monddurchmessers, die man Zolle nennt, deren jeder wieder

in 60′ getheilt wird. Man muß aber (nach §. 98.) dem jedesmaligen Halbmesser des Kernschattens der Erde noch seinen 60sten Theil, oder so viele Secunden, als er Minuten enthält, zusetzen.

Die Kenntniß der Grenzen der Finsternisse ist nöthig, um bey jedem Vollmonde sogleich beurtheilen zu können, ob er mit einer Finsterniß verbunden seyn werde oder nicht, und sich Rechnungen zu ersparen, die man sonst unnützerweise anstellen würde. Wie aber die hierauf sich beziehenden Rechnungen nach allen einzelnen Umständen (z. B. in Hinsicht der Zeit, der wahren Größe und Dauer einer jeden Mondfinsterniß, der Gegenden und Orte der Erde, wo sie ganz oder zum Theil sichtbar seyn wird ꝛc.) durchgeführt werden, muß, wie schon oben (§. 97.) bemerkt, hier übergangen werden. Die beständige und genaue Uebereinstimmung des wirklichen Erfolgs mit jenen Berechnungen ist (auch in Ansehung der Sonnenfinsternisse) der sicherste Beweis von der Richtigkeit der dabey zum Grunde gelegten Annahmen, und muß auch den Unglauben derjenigen verstummen machen, die sonst so gern die Resultate astronomischer Forschungen bezweifeln oder geradezu verwerfen, weil sie — nicht begreifen können, wie sie gefunden werden.

§. 101.

Die Berechnung der Sonnenfinsternisse ist weit schwieriger und verwickelter als die der Mondfinsternisse, weil die beträchtliche Parallaxe des Mondes große Unterschiede in denselben für verschiedene Orte der Erde hervorbringt. Hier nur das Allgemeinste davon. Wenn jetzt in S (Fig. 17*) die Sonne, in T der Mond zur Zeit seiner ☌ ist, und a b den Durchschnitt einer kreisförmigen Zone der Erdoberfläche vorstellt; so ist S T Z die Axe des kegelförmigen Schattens B Z H, den der Mond hinter sich nach der Erde zu wirft, und dessen Spitze Z auf den Ort t fällt, dem die Sonne vom Monde gänzlich bedeckt seyn muß, wo also eine totale Sonnenfinsterniß Statt findet. Auch hier bezeichnen die Räume M B Z und N H Z den Halbschatten, der sich von

a bis b auf der Erde erstreckt; in welcher Zone man nur einen Theil der Sonne bedeckt sieht, (partiale Finsterniß), der desto größer ist, je näher man sich bey t befindet, und desto kleiner, je näher ein Ort nach a und b zu liegt. Außerhalb a und b sieht man auf der übrigen Hemisphäre der Erde, welche Tag hat, die völlige Sonne. Ist die Sonne in der Erdferne und der Mond in der Erdnähe, so ist dieser im scheinbaren Durchmesser größer als jene; daher hat der Schattenkegel bey t einige Breite, und man sieht daselbst eine totale Sonnenfinsterniß mit einiger Dauer. Erscheinen die Durchmesser des Mondes und der Sonne genau von gleicher Größe, so fällt bloß die Schattenspitze auf t, wo die Finsterniß alsdann central und ohne Dauer ist. Ist aber der scheinbare Durchmesser des Mondes, wie in den meisten Fällen, kleiner, so erreicht die Spitze des Schattenkegels die Erde gar nicht, sondern fällt zwischen e und z; in den mittlern Entfernungen der Sonne und des Mondes kann sie etwa noch um $\frac{3}{8}$ Halbmesser des Aequators, sonst aber von 1 bis 5 solcher Halbmesser von der Erdfläche abstehen. In diesen Fällen hat man in t, überhaupt an allen den Orten der Erde, über welche die Schattenspitze senkrecht weggeht, eine centrale und ringförmige Sonnenfinsterniß; d. h. man sieht die ganze dunkle Mondscheibe in der Sonnenscheibe, aber so, daß rund um jene noch ein heller, flammender Ring von dieser übrig bleibt. Eine solche ringförmige und zugleich centrale Sonnenfinsterniß wurde den 7. Sept. 1820. auch in Deutschland, auf der Linie zwischen Oldenburg, Minden, Cassel, Fulda, München ꝛc. (auf beyden Seiten dieser Linie bis auf einen Abstand von etwa 35 Meilen erschien sie zwar noch ringförmig, aber nicht central) gesehen *). — Soll überhaupt eine Sonnenfinsterniß möglich seyn, so muß der scheinbare Abstand der Mittelpuncte der Sonne und des Mondes kleiner seyn, als die Summe ihrer Halbmesser. Nun kann der vom Mittelpunct der Erde gesehene Abstand jener Mittelpuncte durch die Parallaxe höchstens durch den Ueberschuß der Horizontalparallaxe des Mondes über die der Sonne vermindert

werden; folglich darf der vom Mittelpunct der Erde gesehene Abstand der Mittelpuncte der Sonne und des Mondes, welcher nahe der wahren Mondesbreite zur Zeit des Neumondes gleich ist, nicht größer seyn als die Summe der scheinbaren Halbmesser der Sonne und des Mondes sammt dem Unterschiede der Horizontalparallaxe der Sonne und des Mondes, welches in den mittlern Abständen $1^\circ\ 28'$ ausmacht; und diese Breite hat der Mond, wenn er $16^\circ\ 40'$ von einem seiner Knoten entfernt ist. Ueberhaupt findet sich, daß, wenn zur Zeit eines mittlern Neumondes der Abstand des Mondes, und folglich auch der Sonne, von dem nächsten Mondknoten kleiner als $13\frac{1}{2}^\circ$ ist, eine Sonnenfinsterniß gewiß, hingegen unmöglich ist, wenn dieser Abstand über 19° geht. Zwischen $13\frac{1}{2}$ und 19° Abstand vom nächsten Knoten bleibt es zweifelhaft, und man muß die wahren Oerter der Sonne und des Mondes, ihre scheinbaren Halbmesser und ihre Parallaxen berechnen, um auf die vorhin bemerkte Art beurtheilen zu können, ob eine Sonnenfinsterniß möglich ist.

Der Mond rückt während der Finsterniß, vermöge seiner eigenen Bewegung um die Erde, von West nach Ost fort; deshalb geht sein Schatten nach eben dieser Richtung über die Erde hin, und die westlichen Länder sehen früher als die östlich davon liegenden die Sonne verfinstert.

Anmerk.

*) S. Littrow, Darstellung der großen und merkwürdigen Sonnenfinsterniß vom 7. Sept. 1820. für die vorzüglichsten Städte Deutschlands. Mit 2 Charten. Leipz. 1820. 8.

§. 102.

Da die Grenzen der Mondfinsternisse (§. 100.) weit enger sind als die der Sonnenfinsternisse (§. 101.); so müssen nothwendig die Finsternisse an der Sonne häufiger seyn, als am Monde.

In einem Monat von $29\frac{1}{2}$ T. durchläuft die Sonne etwa 30°; um eben so viel ist also jeder Neumond weiter vorgerückt als der vorhergehende. Fiel also ein Neumond

15° vor dem Knoten, so wird der nächste etwa 15° nach demselben fallen, beyde also innerhalb der Grenzen der Finsternisse, so daß in einem solchen Falle zwey Sonnenfinsternisse unmittelbar auf einander folgen, die aber wegen der schon sehr beträchtlichen Entfernung vom Knoten (15°) beyde nur klein sind. Der dazwischen liegende Vollmond fällt in den Knoten selbst, und ist daher mit einer sehr großen Mondfinsterniß verbunden. Dieß folgt auch umgekehrt; bey einer totalen Mondfinsterniß haben der unmittelbar vorhergehende und nachfolgende Neumond gewöhnlich kleine Sonnenfinsternisse, welches z. B. 1790. zweymal eintraf. Zwey Mondfinsternisse hingegen, die nur um einen Monat von einander entfernt wären, sind unmöglich, weil jeder Vollmond vom nächsten 30° entfernt ist, folglich, wenn der eine mit einer Finsterniß verbunden, mithin um weniger als 13° vom Knoten entfernt war, der andere wenigstens 17° davon entfernt seyn muß. Bey totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternissen, die in den Knoten fallen, kann daher weder der vorhergehende noch der nächst eintretende Vollmond eine Mondfinsterniß haben. Ueberhaupt ergiebt sich daraus, daß die Mondfinsternisse um so kleiner ausfallen, je größer die Sonnenfinsternisse sind, und umgekehrt.

Ob aber gleich die Sonnenfinsternisse auf der Erde überhaupt häufiger sind als die Mondfinsternisse; so sind sie doch für einen bestimmten Ort fast dreymal so selten, wovon der Grund schon aus §. 71. erhellet. Wenn nämlich eine Mondfinsterniß auf der ganzen Hemisphäre der Erde, die Nacht hat, in denselben Augenblicken sichtbar ist; so wird dagegen eine Sonnenfinsterniß nur auf einer Strecke der Erdfläche von höchstens 70°, eine totale gar nur auf einem Fleck von höchstens 2° im Durchmesser gesehen. Man kann daher für irgend einen bestimmten Ort höchstens nur in zwey Jahren eine sichtbare Sonnenfinsterniß, und in 200 Jahren eine totale rechnen *).

Die längste mögliche Dauer einer Mondfinsterniß auf der Erde überhaupt ist 4 St. 38 Min., einer totalen 2 St. 18'; die einer Sonnenfinsterniß 7 St, einer totalen 4 St. 38'.

Anmerk.

*) Die in dem gegenwärtigen Jahrhunderte vorfallenden Finsternisse findet man voraus berechnet in: Kautsch, Sonnen- und Mondfinsternisse, Berechnungen und Entwürfe von 1800 bis 1860. Petersb. 1800., und in *Hallaschka*, Elementa Eclipsium, quas patitur Tellus, Luna eam inter et Solem versante ab anno 1816 usque ad annum 1860. Pars I. Pragae 1816. gr. 4., P. II. ab anno 1861-1900., ibid. 1820. — Eine deutliche Anweisung, Regeln und Tafeln zur Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternisse für Liebhaber giebt Lambert in seiner allgemeinen ekliptischen Tafel, Berl. 1765. 8., und in den Beyträgen zum Gebrauch der Mathematik, II. Th. Berl. 1770. 2. Abschn. S. 727. ff., desgl. Rüdiger in s. Handbuch der rechnenden Astron. I. Th. Leipz. 1796. 8.

VIII. Capitel.

Die Planeten und ihre eigene Bewegung.

§. 103.

Unter den schon in alten Zeiten bekannt gewesenen Planeten giebt es zwey, nämlich Mercurius und Venus, die immer in der Nähe der Sonne und in einem nicht allzu beträchtlichen, theils östlichen, theils westlichen Abstande von ihr bleiben. Die Erscheinungen, welche diese beyden Planeten dem Beobachter darbieten, sind in der Hauptsache dieselben; da sie aber an der Venus am leichtesten wahrgenommen werden können, so wollen wir sie auch an dieser mit größerer Ausführlichkeit betrachten.

Sowohl die östliche, als die westliche Entfernung der Venus von der Sonne, oder ihre größte Digression, geht niemals über 48°. Etwa 6 bis 7 Wochen vor ihrer größten westlichen Digression fängt sie, nachdem sie vorher einige Zeit still gestanden, d. h. ihren Ort in Beziehung auf die Sonne nicht verändert hatte, mit allmählig zunehmender Geschwindigkeit an nach Osten zu gehen; da aber die Sonne anfänglich weit geschwinder nach eben der Richtung hinrückt, so nimmt ihre östliche Entfernung von der Venus noch zu,

bis beyde Bewegungen gleich werden. Nach der größten westlichen Digression wird die immer wachsende rechtgängige Bewegung schneller als die der Sonne, daher die westliche Digression abnimmt, indem Venus der Sonne nach Osten hin näher rückt, und sie endlich, ungefähr 7 Monate nach der größten westlichen Digression einholt. Alsdann ist ihre rechtgängige Bewegung am schnellsten, etwa 1° 15′ täglich, nimmt nun aber wieder ab; Venus tritt an der östlichen Seite der Sonne hervor, und entfernt sich von ihr, weil sie eine schnellere Bewegung hat als die Sonne. Nach 7 Monaten sind beyde Bewegungen gleich; Venus ist in ihrer größten östlichen Digression, die nun wieder abnimmt, weil der Planet sich langsamer nach Osten bewegt als die Sonne. Dieß dauert etwa 7 Wochen, da dann die Venus sich ganz unbemerklich zu bewegen und endlich still zu stehen scheint, aber gleich nachher eine rückgängige Bewegung annimmt, die immer geschwinder wird, während die Sonne ihr durch die Bewegung nach Osten entgegen kommt, und endlich mit ihr zusammentrifft, da dann die rückgängige Bewegung, nachdem sie ungefähr 3 Wochen gedauert hat, am größten ist (halb so groß als die größte rechtgängige). Nun erscheint Venus wieder an der westlichen Seite der Sonne; beyde Weltkörper entfernen sich sehr schnell von einander, die rückgängige Bewegung nimmt während 3 Wochen ab, und geht dann durch einen augenblicklichen Stillstand in rechtgängige über, worauf nach 7 Wochen die größte westliche Digression, und überhaupt alle vorigen Erscheinungen, während welcher also die Venus zweymal mit der Sonne in Conjunction kommt, von Neuem erfolgen.

Die allerfrüheſten Beobachter mußten wahrscheinlich glauben, daß es zwey besondere Sterne wären, die man wechselsweise bald des Morgens, bald des Abends sich von der Sonne entfernen und sich ihr wieder nähern sah. Aber da der eine sich nie zeigte, während der andere verschwunden war, so schloß man endlich, daß es ein und derselbe Planet wäre, der auf beyden Seiten der Sonne seine bestimmt abgemessenen Excursionen machte, und nannte ihn daher,

wenn er des Morgens am östlichen Himmel vor der Sonne herging, Morgenstern (Lucifer, Phosphorus, von φῶς, das Licht, und φέρω, bringen), und wenn er des Abends nach Sonnen-Untergang am Abendhimmel glänzte, Abendstern (Hesperus).

§. 104.

In derselben Periode, in welche die vorbeschriebenen Bewegungen eingeschlossen sind, etwa = 19 Monaten, gehen auch an der mit Fernröhren beobachteten Gestalt der Venus Lichtveränderungen vor, die eine vollkommene Aehnlichkeit mit den Phasen des Mondes haben. Bey ihrem ersten Erscheinen in der Morgendämmerung ist Venus sichelförmig erleuchtet, wie der Mond zwischen dem Neumond und dem ersten oder letzten Viertel. In ihrer größten westlichen Digression von der Sonne erscheint sie halb erleuchtet, wie der Mond in den Quadraturen. Nähert sie sich hierauf der Sonne wieder, so wächst ihr heller Theil, und hat die Gestalt des Mondes zwischen dem Vollmond und den Quadraturen. Bey ihrem Wiedererscheinen in der Abenddämmerung nimmt ihre Lichtgestalt ab, und sie erscheint abermals halb erleuchtet, wenn sie in ihrer größten östlichen Digression ist, nachher aber wieder sichelförmig. Zieht man hierbey noch folgende zwey Wahrnehmungen in Betracht: a) daß der scheinbare Durchmesser der Venus von einer ☌ bis zur andern regelmäßig ab- und zunimmt, nämlich von 65″ bis zu $9\frac{1}{2}''$ (der mittlere ist = 16″, 6) und umgekehrt, daß also auch ihre Abstände von der Erde in eben dem Verhältniß veränderlich sind; 2) daß man sie mehrmals zu der Zeit, wo ihre ☌ mit der ☉ genau mit ihrem größten scheinbaren Durchmesser oder ihrer kleinsten Entfernung von der Erde zusammentrifft, mit rückläufiger Bewegung, wie sie zu dieser Zeit Statt finden muß, als eine kleine schwarze Scheibe vor der Sonne hat vorüberziehen sehen — was man Durchgänge der Venus durch die Sonne nennt —; daß man aber eine gleiche Beobachtung niemals im entgegengesetzten Falle,

wenn nämlich Venus rechtläufig war und in ihrer ♂ unter dem kleinsten scheinbaren Durchmesser sich zeigte, selbst dann nicht, wenn ihre scheinbare Bahn mitten durch die Sonne ging, beobachtet hat —: so kann man nicht zweifeln:

daß Venus ein kugelförmiger, an sich dunkler Körper ist, der von der Sonne erleuchtet wird, und nicht um die Erde, sondern um die Sonne eine Kreisbahn beschreibt, außerhalb welcher sich unsere Erde befindet.

Man kann sich von der Richtigkeit dieses Schlusses leicht überzeugen, wenn man die Erde (Fig. 4.) nach C, die Sonne aber nach T setzt, und um diese die Venus in der Bahn amcna gehen läßt. In a und c ist die ♀ mit der ☉ in ♂. Jene Conjunction, wenn nämlich ♀ am weitesten von der Erde entfernt ist (oder jenseits der ☉ steht) und unter dem kleinsten Durchmesser erscheint, heißt die obere ♂; diese, wenn sie der Erde am nächsten ist (diesseits der ☉ steht) und unter dem größten Durchmesser gesehen wird, heißt die untere ♂. Da ♀ ihre erleuchtete Halbkugel jederzeit nach der ☉ kehrt; so wird sie von der Erde C in oder bey a ganz, bey m und n zur Hälfte erleuchtet (wie der Mond in den Vierteln) gesehen; in c kehrt sie der Erde ihre dunkle Halbkugel zu, wird also um diese Zeit für uns ganz unsichtbar. Die übrigen Lichtgestalten zwischen a und m, m und c ꝛc. kann man sich ohne Mühe selbst erklären. — In m hat ♀ ihre größte östliche, in n ihre größte westliche Digression. Lassen wir die Venus von c nach n hinrücken, so fängt die Richtung ihrer Bewegung an schief gegen die von der Erde C gezogene Gesichtslinie CT zu werden; ihre scheinbare Geschwindigkeit, mit welcher sie sich von der Sonne T nach Westen hin entfernt, wird also immer kleiner, bis sie vor der größten westlichen Digression bey n, wo die Richtung ihrer Bewegung mit der Richtung der ihre Bahn berührenden Gesichtslinie Cn zusammenfällt, verschwindet, und ♀ in Beziehung auf die Sonne still zu stehen scheint. Bey fortgesetzter Bewegung über n hinaus nähert sie sich der Sonne, und die Geschwindigkeit ihrer

Annäherung wächst, weil nach a hin der Winkel, welchen die Richtung ihrer Bewegung mit der von der Erde nach ihr gezogenen Gesichtslinie macht, allmählig zu einem rechten wird. In der andern Hälfte der Bahn a m c kehren die Erscheinungen in umgekehrter Ordnung wieder; um die Zeit der größten östlichen Digression bey m rückt Venus wieder nach der Richtung der geraden Linie m C gegen die Erde an und scheint daher abermals still zu stehen ꝛc. Daß die Venus zwischen m c n ihre rückgängige, und zwischen n a m ihre rechtgängige Bewegung hat; daß in jene die untere, in diese die obere ☌ fällt, und daß die rechtgängige Bewegung viel länger dauert, und weit schneller (doppelt so schnell) als die rückgängige ist, sieht man ebenfalls im Allgemeinen aus der Figur.

§. 105.

Die Zeit, in welcher die Venus einen Umlauf in Beziehung auf die indeß in ihrer eigenen Bahn nach Westen hinrückenden Sonne macht, oder welche sie gebraucht, um von einer obern oder untern ☌ zur nächstfolgenden zu gelangen, heißt, so wie beym Monde, ihre synodische Umlaufszeit, welche, genauer als oben (zu Anfange des 104. §.) genommen, 1 Jahr 218 T. 16 St. beträgt. Dieß ist aber nur von der mittlern Umlaufszeit zu verstehen; denn die wahre Bewegung der Venus ist ungleichförmig und veränderlich. Ihre größten Digressionen von der Sonne schwanken zwischen 45° und 48° hin und her; im Mittel sind sie = 46° 19′ 50″. Sie müssen sich zwar schon wegen der ungleichen Entfernungen der Sonne von der Erde verändern, und größer oder kleiner werden, je nachdem jene Entfernungen ab- oder zunehmen; aber diese Veränderungen können, da die elliptische Bahn der Sonne nicht allzu excentrisch ist (§. 64.), nicht so beträchtlich seyn. Folglich müssen sich die Abstände der ♀ von der ☉ selbst verändern, und man ist genöthigt, die Sonne, wenn man für die Venus eine kreisförmige Bahn beybehalten will, außerhalb des Mittelpuncts

derselben zu setzen. Aus der vorhin angegebenen mittlern Digression folgt dann das Verhältniß der mittlern Abstände der Venus und der Erde von der Sonne = 723 : 1000.

Aus der synodischen Umlaufszeit der Venus und der Umlaufszeit der Sonne wird der periodische und siderische Umlauf der Venus = 224 T. $16\frac{2}{3}$ St. gefunden. Es verhält sich also die Umlaufszeit der Sonne zu der der Venus ungefähr wie 1000 : 615.

§. 106.

Mercurius ist wegen seiner weit größern Nähe bey der Sonne viel schwerer zu beobachten als Venus, ob er gleich an sich ein sehr lebhaft glänzendes Licht hat. Seine größte östliche und westliche Digression geht nie über 29°; daher kann er nur kurze Zeit in der Morgen- und Abenddämmerung (von einem unbewaffneten Auge mit Mühe) wahrgenommen werden. Von der Zeit an, da ☿ sich zuerst in der Morgendämmerung zeigt, entfernt er sich mit beständig abnehmender Geschwindigkeit immer weiter nach Westen hin von der Sonne, bis er bey seiner größten westlichen Digression einige Zeit hindurch seinen Abstand von der Sonne nicht merklich ändert, oder still zu stehen scheint. Er nähert sich jetzt der Sonne wieder, Anfangs kaum merklich, mit beständig zunehmender Geschwindigkeit, bis er in den Sonnenstrahlen verschwindet. Nach einiger Zeit bemerkt man ihn in der Abenddämmerung wieder, worauf er sich eben so nach und nach immer weiter von der Sonne entfernt, wie er sich früher ihr genähert hatte, seine größte östliche Digression erreicht, wieder kurze Zeit still steht, und hierauf mit zunehmender Geschwindigkeit sich der Sonne nähert, bis er abermals in ihren Strahlen verschwindet. — Von der größten östlichen bis zur größten westlichen Digression ist ☿ rückläufig, von dieser bis zu jener rechtläufig. — Von einer ☌ bis zur andern nimmt sein scheinbarer Durchmesser regelmäßig ab und zu, nämlich von $1\,1\frac{1}{2}''$ bis $4\frac{1}{20}''$ (der mittleer ist = 6″), und so umgekehrt. —

In der ☌, welche mit dem größten scheinbaren Durchmesser zusammentrifft und in die rückgängige Bewegung fällt, zieht ☿ bisweilen als ein runder schwarzer Flecken vor der Sonnenscheibe vorüber (Durchgänge des ☿ durch die ☉); dieß ist aber noch nie der Fall gewesen zur Zeit der mit der rechtgängigen und dem kleinsten scheinbaren Durchmesser zusammentreffenden ☌ des Mercurius, selbst dann nicht, wenn der scheinbare Lauf des ☿ in gerader Richtung durch die Sonne ging. — Die Lichtgestalten des ☿ sind denen der ♀ vollkommen ähnlich, können aber nur mit sehr guten Teleskopen wahrgenommen werden; sie erneuern sich genau in der Periode, an welche die Wiederkehr der eben bemerkten Bewegungen des ☿ in Beziehung auf die Sonne gebunden ist. Aus allen diesen Umständen folgt ebenfalls:

daß Mercurius ein kugelförmiger, an sich dunkler Körper ist, der sein Licht von der Sonne empfängt, und um diese, jedoch innerhalb der Venusbahn *), in ungefähr kreisförmiger Bewegung herumgeht.

Die synodische Umlaufszeit des ☿ ist im Mittel = 115 T. 21 St. Sie ist aber veränderlich, da die Bewegung des ☿, so wie die der ♀ (§. 105.), sich nicht gleich bleibt. Die größten Digressionen des ☿ steigen und fallen zwischen 16° 12′ und 28° 48′; im Mittel sind sie = 22° 46½′. Da auch diese Veränderungen, die beträchtlich größer als bey der Venus sind, nicht von den kleinen Veränderungen des Abstandes der Sonne von der Erde, oder von der Excentricität der Sonnenbahn allein herrühren können; so muß der Abstand des ☿ von der ☉ selbst veränderlich seyn, und die Sonne kann, wenn wir seine Bahn als kreisförmig annehmen wollen, nicht im Mittelpuncte derselben stehen.

— Aus der mittlern Digression des ☿ = 22° 46½′ folgt das Verhältniß der mittlern Abstände des Mercurius und der Erde von der Sonne = 387 : 1000.

Aus der synodischen Umlaufszeit des ☿ und der ☉ ergiebt sich der periodische und siderische Umlauf des ☿ = 87 T. 23¼ St, woraus man weiter findet, daß sich die

Umlaufszeit der ☉ zu der des ☿ ungefähr wie 1000 : 241 verhält.

Anmerk.

*) Daß die Venus von der Sonne weiter abstehe als Mercurius, folgt auch ganz augenscheinlich daraus, weil man diesen durch jene am 17. May 1737, und schon früher einmal, nämlich den 8. Jun. 1599. hat bedecken sehen; *La Lande*, Astron. II. §. 1696.

§. 107.

Wenn die Ebenen der Bahnen des ☿ und der ♀ mit der Ebene der Ekliptik zusammenfielen; so müßte man diese Planeten bey jeder untern ♂ durch die Sonne gehen sehen. Da dieß aber nur bisweilen geschieht, und ☿ und ♀ größtentheils ober- oder unterhalb der Sonnenscheibe während ihrer untern ♂ vorbeygehen; so müssen die Bahnen des ☿ und der ♀ gegen die Ekliptik eine schräge Lage haben. Dieß zeigen auch wirklich die Beobachtungen, denen zufolge sich ☿ bis auf 7° und ♀ bis auf beynahe $3\frac{1}{2}°$ nördlich und südlich von der Ekliptik entfernen, also eine Neigung von gleicher Größe gegen diese haben. — Auf- und niedersteigender Knoten ☊ ☋ des ☿ und der ♀; Knotenlinie ihrer Bahnen. — Vermöge jener Neigung können ☿ und ♀ nur dann durch die ☉ gehen, wenn ihre nördliche oder südliche Breite kleiner ist, als der scheinbare Halbmesser der Sonne und die Wirkung der Parallaxe. Eine ähnliche Rechnung, wie die ist, welche man bey den Sonnenfinsternissen anwendet, zeigt, daß dieß nur dann geschehen kann, wenn ☿ nicht über 3° 28′, und ♀ nicht über 1° 49′ vom Knoten ihrer Bahn, von der Sonne aus gesehen, entfernt sind. Jede untere ♂ ist von der unmittelbar vorhergehenden und nachfolgenden um einen synodischen Umlauf (§. 105. 106.), bey der ♀ also zum Beyspiel um 584 Tage entfernt, in welcher Zeit die Sonne, also auch der Ort der ♂ am Himmel um einen ganzen Umlauf + 215° 32′ vorgerückt ist. Geht man nun von irgend einem Durchgange aus, da man die Entfernung der ♀ von ihrem Knoten kennt, und setzt zu

dieser Entfernung für jede folgende untere ☌ 215° 32′ hinzu; so hat man bloß die Mühe des Addirens, um diejenigen Conjunctionen aufzufinden, in denen die Entfernung der ♀ von dem einen oder dem andern Knoten kleiner als 1° 49′, wo also ein Durchgang zu erwarten ist. Wenn z. B. die ♀ in der ersten untern ☌ um 1° über den ☊ hinaus war, also wirklich ein Durchgang erfolgte; so wird sie bey der 2ten, 3ten, 4ten, 5ten und 6ten ☌ um 216° 32′, 432° 4′ oder 72° 4′, 287° 36′, 503° 8′ oder 143° 8′, und 358° 40′ oder 1° 20′ vom ☊ entfernt seyn: die 6te ☌ wird also wieder mit einem Durchgange verbunden seyn, so daß zwischen beyden Durchgängen eine Zeit von 5 synodischen Umläufen oder 8 Jahren verfließt. Auf diese Art hat man herausgebracht, daß gewöhnlich 8 Jahre nach einander 2 Durchgänge erfolgen, dann aber erst wieder nach $105\frac{1}{2}$, $113\frac{1}{2}$, $121\frac{1}{2}$, $129\frac{1}{2}$, oder 235 Jahren ꝛc. wie die Durchgänge von 1631 und 1639 im December (die ersten, die man seit Erfindung der Fernröhre beobachtet hat) und die von 1761 und 1769 im Junius (deren letzterer, wie weiter unten gezeigt werden wird, zu einer genauern Bestimmung der Sonnenparallaxe gebraucht worden ist), ingleichen die für die Jahre 1874 und 1882 im December berechneten (früher ist das interessante Schauspiel eines Venus-Durchgangs nicht zu erwarten) beweisen. Auf gleiche Art hat man gefunden, daß bey den Durchgängen des ☿ die Perioden von $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, 6, 7, 13 ꝛc. Jahren Statt finden. Es können also in einem Jahrhundert höchstens 2 Durchgänge der Venus und etwa 14 des Mercurius erfolgen. Jene treffen, je nachdem sie sich im ☊ oder ♉ zutragen, in die ersten Tage des Junius oder December, werden aber nächstens in den May und November rücken; diese beym ♉ oder ☊ im May oder im November. Die Durchgänge des ☿ beym ☊ oder im November sind fast dreymal so häufig als die im May, weil sich in dieser Jahreszeit die Erde, folglich auch ☿ in seiner ☌ bey der Sonnenferne des ☿ befindet; daher dieser Planet viel weiter von der Sonne, also der Erde viel näher ist als im November, wodurch

seine von der Erde aus gesehene Breite so vermehrt wird, daß er über oder unter der Sonne vorbey geht, da er hingegen bey derselben, von der Sonne aus gesehenen, Breite oder Entfernung vom Knoten im November in der Sonne erschienen wäre. — Der erste Durchgang des ☿ ward am 7. November 1631 (8 Tage vor Kepler's Tode, der ihn berechnet und vorher gesagt hatte) beobachtet; seit dieser Zeit ist ☿ noch 20 mal in verschiedenen Welttheilen und Ländern, zuletzt am 9. Nov. 1802 und am 12. Nov. 1815 wirklich in der Sonne gesehen worden. Die nächsten Durchgänge des ☿ werden sich den 5. Nov. 1822 *) und den 5. May 1832 zutragen.

Anmerk.

*) Dieser Durchgang wird in Europa nicht sichtbar seyn, da er sich für diesen Welttheil Morgens vor Sonnen-Aufgang ereignet, und nur in Asien, den Inseln des stillen Oceans und im östlichen Africa zu Gesichte kommt. S. Bode's astronom. Jahrb. für 1822. S. 85. Sämmtliche 13 Durchgänge des ☿, die in das gegenwärtige Jahrhundert fallen, findet man von dem Staatsrath von Schubert in Petersburg berechnet in dem astron. Jahrb. f. 1804. — Uebrigens sieht man ohne Erinnern ein, daß die Durchgänge des ☿ und der ♀ wahre ringförmige Sonnenfinsternisse sind, nur daß sie wegen des im Verhältniß zur Sonnenscheibe so geringen scheinbaren Durchmessers jener Planeten von dem unbewaffneten Auge nicht im mindesten (so wenig wie ein gewöhnlicher Sonnenfleck; §. 128.) empfunden werden können.

§. 108.

Mercurius und Venus scheinen, von der Erde aus gesehen, die Sonne S (Fig. 5.) auf ihrer jährlichen Bahn SLMN um die ruhende Erde T, gleichsam als Trabanten, zu begleiten, und ihre mittlere Bewegung um die Erde ist, da ihre um S herum gelegten Bahnen ☿ und ♀ mit S in dem Kreise SLMN herumgeführt werden, der jährlichen Bewegung der Sonne gleich.

Man nennt jede von der Sonne aus gesehene Lage und Bewegung eines Himmelskörpers, namentlich eines

Planeten, mit einem Worte die heliocentrische, und die von der Erde aus gesehene, die geocentrische.

Alle übrigen Planeten außer ☿ und ♀ nehmen in Absicht auf die Sonne jeden möglichen Abstand, von 0° bis zu 360°, oder von 0° bis 180° östlich und westlich, an. Sie sind also der ☉ bisweilen sehr nahe, ja in ☌ mit ihr; zu andern Zeiten sehr weit von ihr entfernt, ja in ☍ mit derselben. Bey ihrer ☌ sieht man sie nie vor der Sonnenscheibe vorübergehen, wie ☿ und ♀, wenn gleich die Richtung ihres scheinbaren Laufs durch die Sonne geht. Es kann daher keinem Zweifel unterworfen seyn, daß sie in jeder ☌ hinter der Sonne herumgehen, und daß die Sonne eben sowohl als die Erde von ihren Bahnen eingeschlossen wird. Hiernach giebt es in Beziehung auf die Sonne überhaupt zweyerley Planetenbahnen: a) solche, die kleiner, und b) solche, die größer als die Sonnenbahn sind. In Rücksicht der geocentrischen Lage kann man daher sämmtliche Planeten in untere und obere eintheilen: jene, nämlich ☿ und ♀, durchlaufen kleinere, diese, nämlich ♂, ♃, ♄ ꝛc. größere Bahnen als die Sonne.

§. 109.

Die dem Anscheine nach sehr verwickelte Bewegung der obern Planeten ist in der Hauptsache bey jedem derselben sich gleich; daher es genug seyn wird, wenn wir nur bey einem und zwar dem Mars (denn an diesem sind die Eigenheiten jener Bewegung am merklichsten) länger verweilen.

Wenn Mars der Sonne gegenüber steht, oder in ☍ mit ihr ist (wo er die ganze Nacht hindurch in lebhaftem Lichte glänzt, und um Mitternacht durch den Meridian geht); so ist seine geocentrische Bewegung am schnellsten rückgängig (von Ost nach West gerichtet), in 1 St. etwa = 22′. Bald nachher wird diese Bewegung langsamer, bleibt aber noch ungefähr 5 Wochen rückgängig, so daß Mars der immer nach Osten hinrückenden Sonne

entgegen geht. Nach diesen 5 Wochen wird die rückgängige Bewegung endlich ganz unmerklich und geht in Stillstand über; die Sonne rückt ihm aber noch immer nach Osten entgegen und ist etwa noch 140° westlich von ihm entfernt. Nun ändert sich die rückgängige Bewegung in rechtgängige, die Anfangs sehr langsam ist, mit jedem Tage zwar schneller wird, aber doch immer langsamer bleibt als die Bewegung der Sonne, so daß diese dem Planeten immer näher kommt und ihn endlich einholt. Wenn ♂ schon sehr nahe bey der Sonne, und zwar noch an ihrer östlichen Seite steht, also kurz nach ihr culminirt; so verschwindet er in den Sonnenstrahlen. An dem Tage, da man ihn zuletzt sah, war seine rechtgängige Bewegung am schnellsten (ungefähr doppelt so groß als in der ☌) und nahm noch immer zu. Nach einer Unsichtbarkeit von 3 Monaten sieht man ihn kurz vor Sonnen-Aufgang am östlichen Himmel. Er steht demnach westlich von der Sonne, da er zuletzt östlich stand, ist also in der Zwischenzeit vor, oder vielmehr hinter der Sonne (§. 108.) weggegangen. Während seiner Unsichtbarkeit hat er sich noch schneller bewegt als kurz vor derselben; denn er hat sich bey seinem Wiedererscheinen um einen Bogen von 70 bis 80° östlich von dem Puncte des Himmels entfernt, wo er verschwand. Seine rechtgängige Bewegung nimmt nun allmählig ab, so daß die Sonne immer weiter nach Osten sich von ihm entfernt, und er schon in der Nacht über dem Horizont erscheint. Wenn die Sonne sich ungefähr 140° östlich von ihm entfernt hat, wird seine Bewegung ganz unmerklich; er scheint abermals einige Tage still zu stehen, und dann wieder eine rechtgängige Bewegung anzunehmen, die anfänglich kaum merklich ist, aber immer schneller wird, bis er nach etwa 5 Wochen wieder in ☌ mit der ☉ steht, da dann seine rückgängige Bewegung am schnellsten ist, und nun alle die beschriebenen Bewegungen in derselben Ordnung wieder erfolgen, nur daß der Ort des Planeten bey jeder ☌ unter den Sternen weiter nach Osten, nämlich um etwa 49°, vorgerückt ist.

§. 110.

Man sieht aus dem Vorigen, daß die Bewegung des Mars überhaupt von Abend nach Morgen geht. Die Zeit, in der er seinen synodischen Umlauf vollendet, ist im Mittel = 779 T. 22 St. 28′ 32″, 46; seine siderische Umlaufszeit beträgt 686 T. 23 St. 30′ 39″, 3.

In der ☌ glänzt Mars am stärksten, und zeigt sich hier unter dem größten Durchmesser = 24″. Von da bis zur ☍ nimmt sein scheinbarer Durchmesser ab, bis auf etwa $3\frac{1}{2}$″; im Mittel ist er = 9″, 9. Seine Abstände von der Erde sind also sehr verschieden. — Im Fernrohre erscheint er im Ganzen kreisrund; doch bemerkt man bey fortgesetzten genauern Messungen und Beobachtungen, daß dieß nur in der ☍ und ☌ der Fall ist, daß aber, indem er von der einen dieser Stellungen zur andern übergeht, seine Rundung an der einen Seite etwas abnimmt und sein Ansehen oval (oder der Gestalt, die der Mond vier Tage vor oder nach dem vollen Lichte hat, ungefähr ähnlich) wird. Diese Abwechselung seiner Lichtgestalten ist unstreitig nur wegen seiner beträchtlichern Entfernung von der Sonne weniger merklich als bey den untern Planeten; sie beweiset aber ebenfalls: daß Mars ein dunkler, kugelförmiger Körper ist, der sein Licht von der Sonne empfängt.

Bedenkt man nun, daß Mars vermöge der bemerkten Veränderungen seines scheinbaren Durchmessers in seiner ☌ der Erde um 6mal näher seyn muß als in der ☍, so kann man eben nicht geneigt seyn zu glauben, daß die Erde der Körper sey, um den seine Bewegung geht; vielmehr wird es, wenn man noch die übrigen Umstände hinzunimmt, welche ♂ mit dem ☿ und der ♀ gemein hat, sehr wahrscheinlich: daß er, so wie diese beyden Planeten, seinen Lauf in einer ungefähr kreisförmigen Bahn um die Sonne vollführt. Versetzt man sich, dieser Annahme gemäß, in Gedanken auf die Sonne, oder in den Mittelpunct derselben, so wird man von hieraus seinen scheinbaren Durchmesser, also auch seine Abstände in einem

weit geringern Verhältnisse ab- und zunehmen sehen, als man beydes von der Erde aus wahrnimmt; oder die heliocentrischen Erscheinungen seiner Durchmesser und Abstände werden der kreisförmigen Bewegung weit angemessener seyn und mit denen des ☿ und der ♀ weit mehr übereinstimmen, als die geocentrischen.

Uebrigens bewegt sich auch Mars nicht genau in der Ebene der Ekliptik, sondern weicht die meiste Zeit, höchstens bis auf 1° 51′, nördlich oder südlich von ihr ab.

§. 111.

Die übrigen Planeten sind in Hinsicht ihrer Bewegung u. s. w. denselben Umständen unterworfen, die wir an dem Mars kennen gelernt haben. Sie bestehen, um sie ins Kurze zu fassen, wesentlich in Folgendem: a) einige Zeit vor und nach der ☍ haben sie eine rückgängige Bewegung, die in der ☍ selbst am schnellsten ist; b) ihre rechtgängige Bewegung ist in der ☌ am schnellsten; c) zwischen beyden Bewegungen erfolgt ein kürzerer oder längerer Stillstand; d) ihre Bahnen schließen die Erde und die Sonne ein; denn sie kommen mit der Sonne in ☍, und sind in der ☌ weiter von uns entfernt als die Sonne; e) sie sind der Erde in der ☍ merklich näher als in der ☌; f) ihre rechtgängige Bewegung dauert länger, und ist schneller als die rückgängige; g) unerachtet aller dieser Unregelmäßigkeiten rücken sie doch im Ganzen, von einer ☍ bis zur andern, nach Osten vor.

1) Jupiter geht um die Zeit der Opposition im Mittel in 120 Tagen um einen Bogen von 10° (Mars in 72 T. um 16°) zurück. Seine mittlere synodische Umlaufszeit ist = 398 T. 21 St. 12′ 58″; die siderische = 4332 T. 14 St. 18′ 41″. — Sein scheinbarer Durchmesser nimmt von einer ☍ bis zur andern zwischen 47″ und 29″ ab und zu.

2) Die rückgängige Bewegung des Saturnus dauert im Mittel gegen 138 Tage, während welcher Zeit er fast 7° durchläuft. Seine mittlere synodische Umlaufszeit ist

= 378 T. 2 St. 12′ 50″; die siderische = 10758 T. 23 St. 16′ 34″. — Sein größter scheinbarer Durchmesser im Augenblick der ☌ ist = 20″, 6, der kleinste in der ☍ = 16″.

3) Uranus ist ungefähr 151 Tage lang rückgängig, und legt indessen nur einen Bogen von $3\frac{1}{2}°$ zurück. Seine mittlere synodische Umlaufszeit ist = 369 T. 15 St. 44′ 40″; die siderische = 30688 T. 17 St. 6′ 16″. — Sein größter scheinbarer Durchmesser ist = 4″, 32, der kleinste = 3″, 53.

Jupiter, Saturnus und Uranus zeigen sich in allen Stellungen gegen die Sonne in unveränderter Kreisgestalt, welches unstreitig von ihrer noch weit größern Entfernung, als die des Mars ist, herrührt. Es läßt sich aber schon aus der vollkommenen Aehnlichkeit, die sie im Uebrigen mit den andern Planeten haben, vermuthen: daß sie kugelförmige, an sich dunkle Kugeln sind, die bloß von der Sonne erleuchtet werden. Diese Vermuthung werden wir auch bald (§. 137.) durch andere Umstände bestätigt finden.

Jupiter kann sich bis auf beynahe 1° 19′, Saturnus bis auf $2° 29\frac{1}{2}'$ nördlich und südlich von der Ekliptik entfernen; beym Uranus aber beträgt diese Ausweichung nicht über 46′ 26″.

4) Auch Vesta, Juno, Ceres und Pallas nehmen Theil an den bisher beschriebenen Eigenthümlichkeiten der planetarischen Bewegung. Sie sind, wie die übrigen Planeten, abwechselnd recht- und rückläufig; sie kommen mit der Sonne in ☍ und ☌; in der ☌ haben sie die schnellste rückgängige, und in der ☍ die schnellste rechtgängige Bewegung; sie sind längere Zeit recht- als rückläufig, und zwar legen sie sämmtlich bey ihrer rückgängigen Bewegung Bogen zurück, die unter sich etwas verschieden, aber bey dem einen wie bey dem andern Planeten kleiner sind als der vom Mars, und größer als der vom Jupiter während des Rückganges beschriebene Bogen, in Zeiten, die größer sind wie beym Mars, und kleiner wie beym

Jupiter; sie rücken überhaupt genommen von einer ☌ bis zur nächstfolgenden weiter nach Osten hin ꝛc. — Die synodischen und siderischen Umlaufszeiten der gedachten Planeten kommen einander sehr nahe; sie sind ungefähr folgende: a) bey der Vesta = 504½ T. und 1326 T.; b) bey der Juno = 474 T. und 1594 T.; c) bey der Ceres = 466½ T. und 1681½ T.; d) bey der Pallas = 466⅔ T. und 1685 T. — Merkwürdig ist auch der Umstand an diesen neuentdeckten Weltkörpern, daß sie sich weiter von der Ekliptik als alle übrige Planeten, Vesta etwas über 7° 8′, Ceres über 10½°, Juno 13°, Pallas sogar über 34½° entfernen, so daß die beyden letztern die ältern Grenzen des Thierkreises (§. 25. und 37.) weit überschreiten.

Die scheinbaren Durchmesser dieser 4 Planeten sind so klein, daß sich die Verhältnisse der Ab- und Zunahme derselben von einer ☌ bis zur andern nicht mit Sicherheit bestimmen lassen; wiewohl Schröter, der auf die Messung dieser höchst wahrscheinlich sehr kleinen Körper den größten Fleiß verwendet hat, die größten und kleinsten Werthe ihrer scheinbaren Durchmesser also gefunden zu haben annimmt: für Vesta 0″, 53 und 0″, 17; für Juno 3″, 20 und 0″, 71; für Ceres 2″, 28 und 0″ 87; für Pallas 4″, 22 und 1″, 01. Lichtphasen können an ihren kaum meßbaren Scheibchen noch weit weniger unterschieden werden. Indeß sind wir auch in Hinsicht dieser planetarischen Körper, bey Erwägung der zwischen ihrem Laufe und der Bewegung der übrigen Planeten im Ganzen Statt findenden Uebereinstimmung, zu dem Schlusse berechtigt: daß sie kein eigenes Licht haben, sondern von der Sonne erleuchtet werden.

§. 112.

Die bisher angenommene (in Ansehung des Mars, des Jupiters und des Saturnus schon in den ältern Zeiten festgesetzte) Ordnung der Bahnen der obern Planeten

läßt sich hinlänglich rechtfertigen, wenn wir die in den vorigen §§. für die Bewegung ꝛc. jedes einzelnen Planeten betrachteten Umstände mit einander vergleichen. Untersucht man nämlich die Geschwindigkeit, mit welcher die Planeten in gleichen Entfernungen von der ☌ fortrücken; so findet sich, daß überhaupt Mars schneller als Vesta, diese schneller als Juno, diese schneller als Ceres und Pallas, diese schneller als Jupiter, dieser schneller als Saturnus, und dieser schneller als Uranus sich bewegt. Ferner zeigt es sich, daß die Umlaufszeiten dieser Himmelskörper in eben der Ordnung zu nehmen, und sich bey der ☉, dem ♂, der ☐, ⚳, ♀ und ⚴, dem ♃, ♄ und ♅ ungefähr verhalten wie 1, 2, $3\frac{3}{4}$, $4\frac{5}{8}$, $4\frac{1}{2}$ (zweymal, nämlich für ♀ und ⚴), 12, $29\frac{1}{2}$, und 84. Hieraus läßt sich vermuthen, daß nach der Sonne zuerst ♂, dann ☐, ⚳, ♀ und ⚴, dann ♃, ♄ und ♅ folgen. Eben diese Ordnung kann man aus der Größe der scheinbaren Durchmesser herleiten, die sich in der ☌ beym ♂ weit schneller ändert als beym ♃, und so fort von da bis zum ♅; woraus folgt, daß die Aenderung der Entfernung des ♂ von der Erde gegen diese Entfernung selbst ein größeres Verhältniß habe als beym ♃, oder daß ♂ der Erde näher sey als der ♃. In Ansehung des ♂, des ♃ und des ♄ ist jene Ordnung auch dadurch, und zwar auf eine augenscheinliche Weise, bestätigt worden, daß ♂ im Jahre 1591. den ♃, dieser im J. 1563. den ♄ bedeckt hat *). In der Folge wird sich alles dieses bey der genauern Bestimmung der Planetenbahnen noch deutlicher zeigen.

Anmerk.

*) Man vergleiche die Anmerk. zu §. 106. Von obigen Bedeckungen findet man das Nähere in La Lande, Astron. II. §. 1996.

§. 113.

Die Aehnlichkeit, die zwischen allen obern Planeten in Hinsicht ihres unregelmäßigen Laufs, der beträchtlichen Veränderung ihrer scheinbaren Durchmesser von einer ☌ zur

andern, ihrer Erleuchtung durch die Sonne (welchen letztern Umstand sie, so wie vieles Andere, auch mit den untern Planeten gemein haben) ꝛc. Statt findet, bringt uns auf die sehr natürliche, in Ansehung des Mars schon in §. 110. geäußerte, Vermuthung:

daß sie insgesammt, gleich dem Mercurius und der Venus (§. 104. und 106.), nicht um die Erde, sondern um die Sonne sich bewegen.

Nach dieser Annahme ist also die Sonne der Centralkörper der ungefähr kreisförmigen Planetenbahnen, und führt diese letztern bey ihrer jährlichen Bewegung mit sich in der Ekliptik um die Erde herum, so daß die mittlern Bewegungen der obern Planeten mit der Umlaufszeit der Sonne in ihrer Bahn zusammentreffen (vergl. §. 108.). Man kann sich hiervon eine Vorstellung durch Fig. 5. machen, wo in T die ruhende Erde mit dem zunächst um sie gehenden Monde, in S aber die Sonne steht, um welche die Bahnen des ♂, des 4 und des ♄ (die fehlenden kann man sich leicht hinzudenken) so angelegt sind, daß Erde und Sonne von ihnen eingeschlossen werden. Wenn nun z. B. der Mars in der ☌ bey O und in der ☍ bey C steht; so muß er dort der Erde viel näher als hier seyn, folglich in O unter einem weit größern Durchmesser als in C erscheinen. Ist ferner die Sonne im Apogäo (§. 64.); so muß Mars seine möglich größte und kleinste Entfernung von der Erde haben, man wird ihn folglich auch unter dem möglich kleinsten und größten Durchmesser sehen. Beydes wird durch die Beobachtungen bestätigt; man muß also daraus schließen, daß Mars — und so jeder andere obere Planet — wirklich seinen Lauf um die Sonne vollführt.

Ist aber die Bewegung der Sonne vielleicht selbst nur scheinbar? Läßt sich ihr jährlicher Lauf am Himmel nicht vielleicht dadurch erklären, daß die Erde statt ihrer in dem punctirten Kreise Tt von Abend nach Morgen fortrückt, und in der Zeit eines Jahres, so wie jeder Planet in der oben angegebenen siderischen Periode, ihren Umlauf um sie

vollendet? Ist folglich die Erde nicht selbst ein Planet? Es läßt sich bey geringem Nachdenken einsehen, daß diese Annahme der Analogie, die aus allen Einrichtungen der Natur hervorleuchtet, vollkommen gemäß ist und eine Einheit in die planetarischen Bewegungen bringt, die in jeder andern Erklärung vermißt wird. Indeß wollen wir jene Ansicht einstweilen nur als eine wahrscheinliche Hypothese ansehen, bis wir sie durch gründlichere Beweise als die einzig wahre Vorstellung von der Einrichtung des Weltsystems anzuerkennen uns bewogen finden werden.

§. 114.

Die bisher dargestellten Unregelmäßigkeiten des Planetenlaufs, nämlich die recht- und rückgängige Bewegung, der Uebergang von der einen zur andern, und das Stillstehen der Planeten, wurden von den alten Astronomen nnter der Benennung der zweyten Ungleichheit begriffen. Diese Ungleichheit, die, wie sich aus den vorigen §§. ergiebt, ihre Perioden mit der Rückkehr der Planeten zur Conjunction oder Opposition mit der Sonne hält, läßt sich schwer erklären, wenn man die Erde für unbeweglich hält und sie in den Mittelpunct der Bahnen der Sonne und der Planeten setzt. [1]). Leichter wird ihre Erklärung, und der in §. 104. in Hinsicht der untern Planeten gegebenen ähnlich, wenn man auch die obern Planeten um die Sonne laufen läßt, und sie ihr als Begleiter auf ihrer jährlichen Bahn beygiebt (§. 113.) [2]); am allerleichtesten, natürlichsten und ungezwungensten aber, wenn man, nach der am Ende des vorigen §. erwähnten Hypothese, annimmt, daß die Sonne sich gar nicht bewegt, sondern den Mittelpunct der in verschiedenen Abständen und Zeiten um sie laufenden Planetenbahnen einnimmt, und daß auch die Erde, zwischen den Bahnen der Venus und des Mars, eine der scheinbaren Ekliptik gleiche Bahn in der Zeit eines Jahres um sie beschreibt, — wie im 3. Cap. des II. Abschnitts gezeigt werden wird.

Außer jener Ungleichheit giebt es noch eine andere, die,

ebenfalls von alten Zeiten her, den Namen der ersten Ungleichheit führt. Die in §. 109. ff. dargestellten Bewegungen der obern Planeten sind nämlich eben sowohl als die der untern (§. 105. und 106.) ungleichförmig und veränderlich, und die dort angegebenen Größen gelten nur von den mittlern Bewegungen. Der Glanz der Planeten und ihre scheinbaren Durchmesser in der ☌ und ☍, die Zeit selbst von einer ☌ oder ☍ bis zur andern, der Punct des Thierkreises, bis zu welchem die Planeten von einer ☌ oder ☍ zur andern nach Osten hin vorgerückt sind, der Bogen, welchen sie bey der rückgängigen Bewegung zurücklegen, so wie die Zeit, die sie hierzu gebrauchen; — alles dieß ist bey jedem Umlauf sehr verschieden. Indeß giebt es für einen jeden Planeten eine gewisse Stelle des Thierkreises, von welcher bis zu der entgegengesetzten jene Unregelmäßigkeiten so zu- und abnehmen, wie sie auf der andern Hälfte des Thierkreises ab- und zunehmen, so daß also die erste Ungleichheit ihre Perioden mit der Rückkehr der Planeten zu demselben Zeichen und Orte des Thierkreises hält.

Die genannten Umstände, welche die zweyte Ungleichheit ausmachen, lassen sich zwar auch bey den obern Planeten (wenn man nämlich die um die Erde laufende Sonne in dem Mittelpuncte ihrer Bahnen annimmt) aus den verschiedenen Abständen, welche die Sonne vermöge ihrer elliptischen Bewegung von der Erde hat (§. 64. und 96.), einigermaßen begreiflich machen; aber die Beobachtungen werden hierdurch noch keinesweges völlig dargestellt. Es müssen sich folglich die Abstände der Planeten von der Sonne selbst ändern; d. h. die Planeten müssen entweder in einer excentrischen Kreisbahn, oder, wie die Sonne und der Mond um die Erde, in einer elliptischen Bahn sich um die Sonne bewegen. Die letztere Annahme wird, wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, alles am besten erklären.

Anmerk.

1) Dieß geschah ehedem wirklich nach dem sogenannten Ptolemäischen Weltsyste me, welches sich vom 2ten Jahrhunderte

nach Chr. Geb. bis zum 16. Jahrhundert in großem Ansehen erhielt. Dieses System erklärte den unordentlichen Lauf der Planeten dadurch, daß es sie nicht unmittelbar um die Erde ihre Bahnen beschreiben, sondern sie auf besondern kleinern Kreisen, Epicyklen genannt, sich bewegen ließ, deren Mittelpuncte auf den größern, oder den sogenannten deferirenden Kreisen um die Erde herumgetragen wurden, wobey angenommen ward, daß die Planeten allemal in der ♃ mit der Sonne gerade in dem untersten und nächsten Puncte ihres Epicykels wären, in der ♂ aber in dem obersten, von der Erde entferntesten. Man ersann so lange neue Epicyklen, bis die beobachteten Erscheinungen mit der Annahme derselben, wenigstens nothdürftig, übereinstimmen wollten. Es würde unnütz seyn, von dieser epicyklischen Bewegung hier mehr zu sagen, da ihre Nichtigkeit schon längst gründlich dargethan ist, und der II. Abschnitt durch weit einfachere, naturgemäßere Annahmen über die scheinbare Unordnung des Planetenlaufs das hellste Licht verbreiten wird. — Dessen ungeachtet gebührt dem Ptolemäus, der jenes System zuerst in einen wissenschaftlichen Zusammenhang brachte, seines Scharfsinns und seiner übrigen astron. Verdienste wegen die größte Achtung. Er konnte in vielen Dingen nicht wissen, was wir jetzt wissen, weil er der Hülfsmittel zur vollkommenern Beobachtung des Himmels, die in spätern Jahrhunderten, zum Theil durch glückliche Zufälle, entdeckt wurden, namentlich der teleskopischen und mikrometrischen Werkzeuge entbehrte. S. Lichtenberg's vermischte Schriften, 6ter Bd. (von 1803.) S. 49. ff. — Ptolemäus wollte durch sein System nicht die wahren Bewegungen der Planeten erklären; sein Zweck ging bloß dahin, die Erscheinungen an denselben für jede Zeit darzustellen; er bediente sich seiner Hypothesen nur als eines Hülfsmittels zur Erleichterung der Rechnung, oder sie waren ein streng geometrischer Versuch, die himmlischen Bewegungen mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen. Vergl. Schubert's theoret. Astron. II. S. 3. ff. und popul. Astron. I. S. 91. ff. und II. S. 152. ff. Uebrigens haben schon große Männer vor ihm, besonders Hipparchus (auf dessen Beobachtungen und Entdeckungen im Grunde das ganze Ptolemäische System gebaut war; *La Place*, Exposit. du Syst. du M. Liv. V. Chap. II. p. 375.) und Apollonius die Epicyklen in der Astronomie gebraucht, und selbst der unsterbliche Copernicus, der Entdecker des wahren Weltsystems (II. Abschn. 3. Cap.) sah sich genöthigt, noch hier und da Gebrauch von ihnen zu machen.

2) So wird es in dem Tychonischen Weltsysteme angenommen, welches in der 5. Figur vorgestellt ist. — Tycho de Brahe, einer der größten Beobachter, war geb. den 13. Decemb. 1546. zu Knudstorp in der Schwed. Provinz Schonen, und starb zu Prag den 24. Octob. 1601. — Das Tychonische System konnte sich nicht

lange behaupten, da das Copernicanische, welches kurz vorher der Welt bekannt gemacht worden war, sich zu sehr durch seine überraschende Einfachheit empfahl.

IX. Capitel.

Eigene Bewegung der Nebenplaneten und der Kometen.

§. 115.

Versetzen wir uns in Gedanken auf die Sonne und betrachten von da aus unsere Erde und den Mond, so sehen wir jene unter einem Winkel von etwa $17''$ = der doppelten Horizontalparallaxe der Sonne (§. 96.), diesen im Mittel unter einem Winkel von etwa $5''$. Beyde Körperchen laufen von der rechten nach der linken Hand hin in einem Jahre um die Sonne herum, der größere fast gleichförmig, täglich durch einen Bogen von beynahe 1°, der kleinere aber weit unregelmäßiger. Bald läuft er vor dem größern her, bald folgt er ihm nach, entfernt sich aber rechts oder links nie weiter von ihm als um das 60fache des scheinbaren Halbmessers desselben = $8'$ bis $9'$; er geht bald über, bald unter, zuweilen vor, bisweilen auch hinter ihm vorüber. In den beyden letzten Fällen ist er dem Auge in der Sonne unsichtbar; im erstern, weil sein Licht sich mit dem der Erde vermischt, und ein heller Punct in einem andern gleich hellen nicht gesehen werden kann; im zweyten, weil die Erde ihn bedeckt. Nehmen wir aber den Standort der Beobachtung in eben der Entfernung seitwärts an, so sehen wir nicht allein den Mond bey seinem vordern Durchgange gleich einem runden schwarzen Flecken (als den Schatten desselben) über die erleuchtete Erdscheibe wegstreichen, sondern wir bemerken auch beim hintern Durchgange, wie der helle Mond in den dunkeln Erdschatten tritt und von ihm verfinstert wird, oder wenn wir an der andern Seite stehen, wie der Mond aus dem Schatten wieder hervorkommt.

Alle diese Erscheinungen nehmen wir von unserer Erde aus vermittelst der Fernröhre an gewissen kleinen Sternchen wahr, die immer in der Nähe des Jupiters, des Saturnus und des Uranus bleiben (§. 38.); wir sind also berechtiget, jene kleinen, in Ansehung ihres Lichtes den Planeten ähnlichen Körper (§. 37.) als Trabanten oder Monde der gedachten größern Weltkörper anzusehen.

Man kennt bis jetzt überhaupt (außer dem Mond unserer Erde) 17 Trabanten, davon 4 um den Jupiter, 7 um den Saturnus, und 6 um den Uranus gehen.

§. 116.

Die Trabanten des Jupiters, welche schon mit gemeinen Fernröhren gesehen werden können, verändern unaufhörlich ihre Stellung gegen einander und gegen ihren Hauptplaneten; sie erscheinen bald auf dieser, bald auf jener Seite desselben; jeder entfernt sich aber nur von ihm bis auf gewisse Grenzen, oder hat seine bestimmten östlichen und westlichen Digressionen. Man nennt den, dessen Digressionen am kleinsten sind, der also dem Jupiter am nächsten steht, den ersten Trabanten, die übrigen nach ihren zunehmenden Abständen vom 24 den zweyten, dritten und vierten. Diese Art, die Satelliten von einander zu unterscheiden, ist auch bey den Trabanten des ♄ und ♁ gebräuchlich.

Die 24 Trabanten scheinen, von der Erde aus gesehen, sich fast immer in einer ziemlich geraden, der Ebene der Ekliptik nahe parallelen Linie hin und her zu bewegen, in der Nähe ihrer größten Digressionen in Beziehung auf den 24 still zu stehen, und mit ihrer Annäherung zu diesem ihre relativen Bewegungen zu beschleunigen. Jeder der 4 Trabanten entfernt sich östlich und westlich ziemlich gleich weit vom 24, um den sie sich überhaupt so bewegen, daß ihre veränderlichen, aber periodisch wiederkehrenden Stellungen gegen ihn denjenigen sehr ähnlich sind, welche wir bey den untern Planeten in Beziehung auf die Sonne wahrnehmen.

Folglich ist der Jupiter der Centralkörper ihrer concentrischen, ungefähr kreisförmigen Bahnen, deren Ebenen nur sehr wenig gegen die Ebene der Ekliptik und der 24-Bahn geneigt sind. Sehr oft sieht man die Trabanten des 24, wenn sie sich ihm von der Westseite her nähern, verschwinden, ob sie gleich noch ziemlich weit vom 24 abstehen und daher von seinem Körper nicht verdeckt werden können. Der dritte und vierte werden zuweilen wieder sichtbar, ehe sie noch die Scheibe des 24 erreichen; sehr selten beobachtet man dieß auch bey dem zweyten. Zuweilen verschwinden sie auch bey ihrem Abrücken vom 24 in einer geringen Entfernung von ihm, kommen aber nach einiger Zeit in einem größern östlichen Abstande wieder zum Vorschein. Die Ursache dieser Verschwindungen muß der Schattenkegel seyn, den Jupiter hinter sich, d. h. nach der von der Sonne abgekehrten Seite hin wirft, in welchen die Trabanten auf der Westseite eintreten, und aus dem sie auf der Ostseite wieder hervorkommen. Die nähern Umstände, welche diese Erscheinungen begleiten, lassen keinen Zweifel übrig, daß sie den Ereignissen, welchen der Erdmond zur Zeit seiner ☍ unterworfen ist, d. h. den Mondfinsternissen vollkommen ähnlich sind. Je näher der 24 seiner Opposition mit der Sonne kommt, desto näher bey ihm ereignen sich die Verfinsterungen, deren Dauer überhaupt genau mit der Zeit übereinstimmt, welche die Trabanten gebrauchen müssen, um den Schattenkegel ihres Planeten zu durchlaufen. — Bisweilen hat man auch die Trabanten vor der Scheibe des 24 vorübergehen und auf sie ihren Schatten werfen sehen, welcher während ihrer Bewegung eine mit der Richtung derselben parallele Chorde der Jupitersscheibe beschrieb. Hiernach verursachen die Trabanten, wenn sie zwischen dem 24 und der ☉ stehen, auf jenem wahre Sonnenfinsternisse, wie diejenigen sind, welche durch den Erdmond zur Zeit seiner ☌ bewirkt werden.

Aus allen diesen Umständen folgt: daß Jupiter und seine Trabanten dunkle Körper sind, die ihr Licht von der Sonne empfangen; daß sich die

Trabanten, gleich unserm Monde, nach der Richtung des Laufs aller Planeten, also von Abend nach Morgen um den Jupiter bewegen, und daß sie diesem so zugegeben sind, wie uns der Mond, um seine Nächte zu erleuchten.

§. 117.

Die Finsternisse der Jupiterstrabanten bieten das sicherste Mittel dar, ihre Umlaufszeiten zu bestimmen, welche, wie bey dem Erdmonde, in periodische und synodische unterschieden werden. Die synodischen werden gefunden, wenn man weit von einander entfernte, in der Nähe der ☍ des ♃ beobachtete Finsternisse mit einander vergleicht, und die Zwischenzeit mit der Anzahl der synodischen Umläufe dividirt (vergl. §. 72.). Aus den synodischen werden die periodischen Umläufe berechnet, welche nebst jenen folgende sind:

	Periodische Umläufe.				Synodische Umläufe.			
I. Trabant.	1 T.	18 St.	27′	33″	1 T.	18 St.	28′	36″
II. —	3	13	13	42	3	13	17	54
III. —	7	3	42	33	7	3	59	36
IV. —	16	16	32	8	16	18	5	7

Aus der Messung der weitesten Abstände der Trabanten vom ♃ und der Vergleichung ihrer scheinbaren Durchmesser mit dem des Jupiters hat man ihre Entfernungen von diesem nach Halbmessern des ♃ auf folgende Weise gefunden:

I. Trabant.	5, 81783
II. —	9, 25642
III. —	14, 76475
IV. —	25, 96859.

Betrachtet man aber die scheinbaren Entfernungen der Trabanten von ihrem Planeten, so wie sie von der Erde aus gesehen werden, oder ihre scheinbaren Abstände von dem ♃, so sind sie diese:

I. Trabanten.	1′	51″
II. —	2	57
III. —	4	42
IV. —	8	16 .

Hiernach nimmt Jupiter, von Osten nach Westen gerechnet, mit seinen Satelliten einen Raum = 2 . 8′ 16″ = 16′ 32″ ein, oder der Durchschnitt dieses Raums ist ungefähr dem halben Sonnen- oder Monddurchmesser gleich.

§. 118.

Die häufigen Verfinsterungen der 4 Trabanten werden eben so, wie die Sonnen- und Mondfinsternisse, zur Erforschung des Längen-Unterschieds verschiedener Oerter auf der Erde gebraucht (vergl. §. 71.); deshalb hat man großen Fleiß darauf verwendet, Tafeln für den Lauf jener Satelliten zu verfertigen, nach denen sich ihre Verfinsterungen leicht im voraus berechnen lassen*). — Die Vergleichung der wirklich beobachteten Zeit der Verfinsterungen mit der nach den Tafeln geführten Rechnung hat Gelegenheit gegeben, die Schnelligkeit, mit der sich die Lichtstrahlen fortpflanzen, ausfindig zu machen. Ist nämlich Jupiter in einer der Quadraturen Q, q (Fig. 5.), also 90° von der Sonne S, so stimmt der Eintritt der Finsterniß irgend eines seiner Trabanten mit der berechneten Zeit genau zusammen; die Beobachtung weicht aber von der Rechnung ab, wenn der 4 auf seiner Bahn weiter rückt, und zwar um so mehr, je näher er der ♂ in C′, oder der ♃ in o′ kommt, so daß zwischen den Quadraturen und der ♃ die Finsternisse immer eher, zwischen den Quadraturen und der ♂ aber immer später beobachtet werden, als es nach der Rechnung seyn sollte. Diese Abweichung steigt sogar in der ♃, wo Jupiter offenbar der Erde um den ganzen Durchmesser STM der Sonnenbahn näher ist als in der ♂, bis zu 8′ 13″, 2, und eben so hoch in der ♂, so daß der ganze Unterschied zwischen der Voreilung der Beobachtungen in der ♃, und der Verspätung in der ♂ sich auf 16′ 26″, 4 beläuft. Nicht bloß in diesen

zwey äußersten Puncten, sondern auch in den dazwischen liegenden ist die Voreilung oder Verspätung immer verhältnißmäßig; die Finsternisse erscheinen desto früher oder später, je näher 4 der Erde oder je entfernter er von ihr ist, und zwar genau im Verhältniß dieser Entfernungen, so daß die Correctionen, die man hiernach berechnet und in die Tafeln der Jupiterstrabanten aufgenommen hat, jedesmal vollkommen mit den Beobachtungen übereinstimmen. Die Erklärung, die zuerst der Dänische Astronom, Olaus Römer im J. 1676, und mit ihm Cassini hiervon gab, ist so natürlich, daß man an ihrer Richtigkeit gar nicht zweifeln darf. Wir sehen nämlich einen Körper dann, wenn er Lichtstrahlen aussendet und diese in unser Auge gelangen; ein Jupiterstrabant verschwindet uns, wenn der letzte Strahl, der von ihm ausging, unser Auge trifft, und wir sehen ihn wieder aus dem Schatten treten, wenn sein erster hervorkommender Strahl unser Auge erreicht. Das Licht muß aber, wie jeder bewegte Körper, eine gewisse Zeit anwenden, um irgend einen Raum zu durchlaufen, die desto größer seyn wird, je größer der Raum ist. Die von dem 4 und seinen Trabanten ausgehenden Lichtstrahlen werden daher, um in unser Auge zu gelangen, bald mehr, bald weniger Zeit gebrauchen, je nachdem 4 mehr oder weniger von uns entfernt ist, sie werden in der ♂ so viel mehr Zeit als in der ♃ gebrauchen, als sie nöthig haben, den Durchmesser der scheinbaren Sonnenbahn zu durchlaufen. Die Erfahrung lehrt uns also, daß das Licht den Durchmesser der Sonnenbahn, d. h. eine Strecke von wenigstens 40 Millionen Meilen (§. 96.) in 16′ 26″, 4 Secunden, oder den Halbmesser = 20 Millionen M. in 8′ 13″, 2, demnach in 1″ eine Strecke von mehr als 40000 Meilen, oder 7½ bis 8mal den Umfang des Erdäquators durchläuft, folglich über 900000 schneller geht als der Schall, der sich in 1″ durch einen Raum von 1042 Par. Fuß fortpflanzt.

Anmerk.

*) Tables écliptiques des Satellites de Jupiter, d'après la Théorie de M. La Place etc. par *De Lambre*. Paris 1817. 4. —

Man findet auch die Stellungen der 24 Trabanten gegen ihren Planeten für jeden Tag in astronomischen Ephemeriden, z. B. in den Berl. astron. Jahrb. angezeigt und abgebildet. Das Auffinden dieser Stellungen kann man sich durch ein sogenanntes Jovilabium (λαβὴ, prehensio, complexio) erleichtern, welches aus verschiedenen pappenen Scheiben besteht, die sich um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunct, in welchem sich der 24 befindet, drehen lassen. Ihre Halbmesser verhalten sich wie die Entfernungen der Trabanten vom Mittelpuncte des Hauptplaneten; sie sind mit einem Kreise eingefaßt, der die Ekliptik vorstellt. Man sucht zuerst aus den Tafeln die Länge eines jeden Trabanten für einen gegebenen Zeitpunct, so wie sie aus dem 24 erscheint (die jovicentrische Länge), und stellt darnach die einzelnen Scheiben. Hierauf sucht man die geocentrische Länge des 24 für denselben Zeitpunct, und legt durch den gefundenen Ort der Ekliptik ein um den Mittelpunct bewegliches Lineal. Mißt man dann die Entfernungen der bereits gehörig gestellten Trabanten an der scharfen Seite des Lineals, so sieht man, wie weit östlich oder westlich vom Planeten jeder Trabant, von der Erde aus gesehen, steht. Ueberdieß läßt sich aus der Lage der Knotenlinie beurtheilen, ob der Trabant höher oder niedriger erscheinen wird als der 24 ꝛc. — S. die genauere Beschreibung einer solchen Maschine in La Lande, Astron. III. §. 3054 sqq. und die 36. Kupfert.; Bürja's Astron. V. S. 130 ff. und Bode's Erläut. der Sternkunde I. §. 412. ff.

§. 119.

Die Trabanten des Saturnus sind so klein und lichtschwach, daß man bey einer 200maligen Vergrößerung eines guten $3\frac{1}{2}$ füßigen achromatischen Fernrohrs (Dollonds) höchstens drey derselben, am leichtesten den 6ten erkennen kann; zur Auffindung der übrigen sind weit stärker vergrößernde Achromats und Spiegelteleskope nöthig. Man nennt auch hier denjenigen Trabanten den ersten, dessen östliche oder westliche Digression am kleinsten ist, oder der sich am wenigsten vom ♄ entfernt, folglich die kleinste Bahn um ihn beschreibt; den nächstfolgenden den zweyten (§. 116.) ꝛc. Die Bahnen der 6 innern Trabanten liegen fast genau in einer Ebene und sind gegen die Ebene der ♄-Bahn unter einem Winkel von 30° geneigt; bey dem 7ten beträgt dieser Neigungswinkel nur 15°. Dieses Umstandes wegen werden die Trabanten sehr selten verfinstert, (bloß bey dem 6ten hat

man die Verfinsterung durch den Schatten des ♄ wirklich beobachtet) und sie können sich nicht nur östlich und westlich, sondern auch süd- und nordwärts vom ♄ zeigen, wodurch ihre Aufsuchung sehr erschwert und ihre Verwechselung mit benachbarten kleinen Fixsternen sehr leicht möglich gemacht wird.

Die Abstände der Trabanten von dem Saturnus ergeben sich, wie bey den 4 Monden (§. 117.), aus ihren größten Digressionen vom ♄ und aus dem gleichzeitigen scheinbaren Halbmesser des letztern. Nimmt man diesen zur Einheit an, so sind die mittlern Abstände der Trabanten vom Mittelpuncte des ♄, und ihre siderischen Umlaufszeiten (die Bestimmung der synodischen ist, da sich die Finsternisse der Trabanten fast gar nicht beobachten lassen, höchst unsicher), nach den besten neuern Messungen und Berechnungen, folgende:

	Abstände.	Südl. Uml.
I. Trab.	3, 08	0 T. 22 St. 37′ 30″
II. —	3, 95	1 8 53 9
III. —	4, 89	1 21 18 26
IV. —	6, 27	2 17 44 51
V. —	8, 75	4 12 25 11
VI. —	20, 29	15 22 41 14
VII. —	59, 15	79 7 54 36.

Die größten scheinbaren Abstände der Trabanten vom ♄, in der mittlern Entfernung des ♄ von der Erde, sind diese:

I. Trab.	0′ 27″
II. —	0′ 34″
III. —	0′ 47″
IV. —	1′ 0″
V. —	1′ 24″
VI. —	3′ 15″
VII. —	9′ 28″.

Hiernach nimmt Saturnus mit seinen sämmtlichen Trabanten, wenn wir uns diese in ihren größten Digressionen auf beyden Seiten neben einander vorstellen, einen Raum, von

$2.9^{\prime}\,28^{\prime\prime} = 18^{\prime}\,56^{\prime\prime}$, also etwas mehr als das ♃-System ein. — Uebrigens erhellet aus den, obgleich selten beobachteten Finsternissen der ♄-Trabanten: daß auch Saturnus und seine Satelliten an sich dunkle, von der Sonne erleuchtete Körper sind, und daß sich die Trabanten von Abend nach Morgen, wie die ♃-Monde, um den ♄ bewegen.

§. 120.

Saturnus zeichnet sich noch durch eine in ihrer Art ganz einzige Merkwürdigkeit aus, deren Erklärung den frühern Beobachtern viel zu schaffen machte. Der berühmte Galilei entdeckte nämlich zuerst (im J. 1612.) an beyden Seiten der Scheibe des ♄ eine Art von Henkel, die sich bald erweitern, bald verengern, bisweilen auch ganz verschwinden, dann nach einiger Zeit wieder zum Vorschein kommen und die frühern Gestalten nach und nach annehmen ꝛc. Späterhin erklärte Huygens (im J. 1659.), der den Saturnus mit bessern (in der Zwischenzeit vervollkommneten) Fernröhren beobachtete, jene sonderbaren Erscheinungen auf eine befriedigende, durch alle fernern Beobachtungen hinlänglich gerechtfertigte Weise, indem er zeigte: daß Saturnus mit einem wenig dicken, aber breiten, seinen Mittelpunct frey umschwebenden und von der Scheibe des Saturnus allenthalben durch einen leeren Zwischenraum von etwa $\frac{1}{3}$ des Durchmessers derselben abgesonderten Ringe umgeben sey; s. Fig. 10*. — Dieser Ring ist gegen die Ebene der ♄-Bahn um die Sonne unter einem Winkel von 30°, und, da jene selbst gegen die Sonnenbahn etwas schräg ist (§. 111.) gegen die Fläche der Ekliptik unter einem Winkel von $31^{\circ}\,20^{\prime}$ geneigt, und bleibt während des fast 30jährigen Laufs des ♄ um die Sonne sich immer selbst parallel. Aus diesen beyden Umständen und aus der bekannten Bewegung der Sonne, oder, wie wir einstweilen als ausgemacht annehmen wollen, aus der jährlichen Bewegung

der Erde um die Sonne (denn die Erscheinungen bleiben dieselben, die Erde mag nach Fig. 5. mit dem ♄ um die stillstehende Sonne gehen, oder diese mag sich um die stillstehende Erde bewegen, und die Bahn des Saturnus und dessen ganzes Gefolge jährlich mit um die Erde herumführen; §. 113.), lassen sich alle Abwechselungen in der Gestalt des Ringes herleiten und für eine gegebene Zeit im voraus bestimmen; welches letztere auch wirklich geschieht, indem man z. B. in den Berl. astron. Jahrbüchern die Erscheinung des Ringes für jedes Jahr berechnet und abgebildet findet. — Man stelle sich daher eine unendlich große Ebene, als die erweiterte Fläche des Ringes, in der Lage vor, daß sie durch den Mittelpunct der Sonne geht; so schneidet diese Ebene die Fläche der Ekliptik unter dem angegebenen Winkel von 31° 20′; die Linie des Durchschnitts aber, oder die Knotenlinie des Ringes, geht jetzt, von der Sonne aus gesehen, auf der einen Seite in $17\frac{2}{3}°$ der ♌ und auf der entgegengesetzten in $17\frac{2}{3}°$ der ♍ durch die Ekliptik. Dort (in $17\frac{2}{3}°$ ♌) ist der niedersteigende Knoten (☋), weil der Ring schräg von West nach Ost unterwärts geht; hier (in $17\frac{2}{3}°$ ♍) der aufsteigende (☊), weil das Gegentheil Statt findet. Kommt ♄ in diese Knotenlinie, oder in einen der beyden Knoten, so wird die Sonne von der erweiterten Ebene des Ringes gleichsam in zwey Hälften zerschnitten, und daher erleuchtet sie die beyden Flächen oder Seiten des Ringes (die nördliche und südliche) auf gleiche Art, aber sehr schief, oder vielmehr so, daß ihre Strahlen darüber hingleiten und nicht in unser Auge zurückgeworfen werden können; folglich sehen wir dann von der Fläche des Ringes nichts. Die gerade nach der Sonne hin gekehrte Kante des Ringes ist in dieser Lage ebenfalls nicht bemerkbar, weil sie zu dünn und ihr Sehewinkel zu klein ist; nur Herschel hat durch sein 40füßiges Teleskop im Jahre 1789 den Ring, als er für alle übrigen Beobachter verschwunden war, als eine sehr feine Linie gesehen, welche auf beyden Seiten des ♄ hervorragte, Fig. 10. (e) und (f). Es verschwindet also der ganze Ring des ♄ aus unsern

Augen, wenn dieser in den Knoten seines Ringes oder nahe dabey ist, und wir sehen bloß seine Scheibe, die Erde mag sich in diesem oder jenem Theile ihrer Bahn befinden. Zwischen beyden Knoten ist durch die halbe Umlaufszeit des ♄, oder fast durch 15 Jahre, die eine, und durch 15 Jahre die andere Fläche des Ringes erleuchtet, und die andere im Schatten. Da der Ring sich selbst immer parallel bleibt; so kehrt ♄, wenn er mit der Erde in eine Linie kommt, die der Knotenlinie seines Ringes parallel ist, uns die Kante seines Ringes zu. Alsdann sehen wir den Ring ebenfalls nicht, weil sein Sehewinkel zu klein ist, und schon einige Zeit vor- und nachher ist aus dieser Ursache der Ring unsichtbar. Dieser Fall kann in einem Jahre zweymal, und zwar bald hinter einander eintreten, weil jede durch die Erdbahn gehende, der Knotenlinie parallele Linie die Erdbahn in zwey Puncten durchschneidet, und die Erde, wenn sie in diesen Puncten oder ihnen nahe ist, bloß die Scheibe des ♄ sieht. Auch wenn jene parallele Linie zwischen der Erde und der Sonne durchgeht, sehen wir den Ring nicht, weil er uns alsdann seine dunkle Oberfläche zukehrt. Geht sie aber außer der Erdbahn durch die Ebene der Ekliptik, so sehen wir beständig den Ring, weil dann immer die von der Sonne erleuchtete Fläche desselben in unser Auge fällt. Da aber unser Auge beständig in der Ebene der Ekliptik liegt, gegen welche die Ebene des Ringes unter einem schiefen Winkel geneigt ist; so ist auch der Strahlenkegel, welchen das Auge vom Ringe erhält, schief, und da uns dennoch alle Theile des Ringes gleich weit entfernt scheinen, so sehen wir ihn als in einer auf die Axe des Strahlenkegels senkrechten Ebene. Der senkrechte Durchschnitt aber eines schiefen Kegels ist nach optischen Gründen allemal eine Ellipse, und daher erscheint uns auch der Ring allezeit elliptisch; Fig. 10. (a) bis (d). Nahe bey den Knoten des Ringes ist diese Ellipse am schmalsten, so daß man eine Zeitlang ihren innern Raum kaum unterscheiden kann; weiterhin öffnet sich die Ellipse immer mehr, bis, wenn die Oeffnung am größten ist, die kleine Axe a b (Fig. 10. (b)) sich zur

großen cd wie sin 31° 20′ zum sin tot., oder fast wie 1 : 2 verhält.

In Fig. 10. (g) ist Saturnus mit seinem Ringe (beyde in etwas vergrößertem Durchmesser) so abgebildet, wie sie in dem gegenwärtigen Jahre 1821 gesehen werden. In dieser Gestalt ist der hintere Bogen des Ringes fg von dem südlichen Theile des Planeten verdeckt. Der vordere oder der diesseits liegende hi fließt mit der erleuchteten Scheibe des ♄ an dessen nördlichem Theile zusammen, vermischt sich also mit dem Lichte desselben so, daß er ebenfalls nicht bemerkt werden kann; Saturnus erscheint folglich, wie in allen übrigen Fällen, wo der Ring eine ähnliche elliptische Gestalt hat, als eine Scheibe mit zwey, im gegenwärtigen Falle ziemlich weiten, Henkeln ibg und haf. Im nächstfolgenden Jahre (1822) hat der Ring die Gestalt wie Fig. 10. (c), und im J. 1823 wie in (a). — In (d) wird der jenseitige oder hintere Bogen des Ringes hi von dem nördlichen Theile des Planeten verdeckt, und der vordere fg verliert sich im Lichte desselben am südlichen Theile. Aber in allen solchen Fällen beobachtet man durch stark vergrößernde Teleskope den Schatten, welchen der diesseitige Bogen des Ringes fg (in (d)), und hi (in (g)) als einen dunkeln Streifen auf den ♄ wirft; so wie man im Gegentheil auch den Schatten bemerkt, den ♄ z. B. bey h (in Fig. 10. (d)) auf den Ring wirft, wenn man sich die Sonne in der Richtung gs vorstellt. Diese Schatten beweisen offenbar: daß Saturnus und sein Ring dunkle Körper sind, welche ihr Licht von der Sonne erhalten.

Wenn der Ring unsichtbar ist; so erscheinen die Bahnen der 6 ersten Trabanten als gerade Linien, die mit der Linie ab (Fig. 10. (e) und (f)) zusammenfallen, hingegen als Ellipsen, die den verschiedenen elliptischen Gestalten des Ringes ähnlich sind. Hieraus folgt denn, daß jene Trabanten sich nahe in der Ebene des Ringes um den ♄ bewegen, oder daß ihre Bahnen sich mit dem Ringe unter einem gleichen Winkel, nämlich von 31° 20′, gegen die Ekliptik

neigen (vergl. §. 119.). — Herschel hat in jenem erstern Falle sämmtliche 6 Trabanten auf der zarten Linie gesehen, deren schon vorhin gedacht wurde; was ihm einen unbeschreiblich schönen Anblick gewährte, den er mit einem feinen Silberfaden vergleicht, auf dem 6 Perlen vom schönsten Wasser aufgereihet sind. Bey dieser Gelegenheit zeigte sich die äußerst geringe Dicke des Ringes sehr deutlich; denn die Trabanten, die einen Durchmesser von etwa 1 Sec. zu haben schienen, ragten über und unter dem Ringe hervor, dessen Durchschnittslinie so äußerst fein war, daß ihre Dicke kaum $\frac{1}{4}$ vom Durchmesser der Trabanten betrug.

§. 121.

Schon Cassini bemerkte (vor mehr als 100 Jahren) einen dunkeln Strich, der den Ring nach seiner ganzen Länge in zwey ungleiche Hälften theilt, wie Fig. 10. (c) zeigt. Neuere Beobachtungen, besonders die von Herschel und Schröter gemachten, haben es außer Zweifel gesetzt, daß jener dunkle Streifen nichts anderes als ein leerer Zwischenraum zwischen der getrennten Oberfläche des Ringes ist, daß also der, in nur mittelmäßigen Teleskopen zusammenhängend erscheinende, Ring wirklich aus zwey, durch einen leeren Raum von einander abgesonderten, concentrischen Ringen besteht, deren innerer, welcher vielleicht in noch mehrere Ringe getheilt ist, eine größere Breite hat als der äußere.

Es sey in Fig. 10* bey p der Nordpol des ♄-Ringes, oder das nördliche Ende einer Axe, die man durch den gemeinschaftlichen Mittelpunct des ♄ und seines Ringes senkrecht auf des letztern Ebene zieht. Wäre dieser Pol gerade gegen unser Auge gerichtet, so würden wir den Ring in einer auf die Gesichtslinie senkrechten Stellung erblicken; wir würden ihn folglich a) vollkommen kreisrund, b) nach seiner ganzen diesseitigen oder nördlichen Oberfläche (welche aber der südlichen gleich ist), c) seine beyden concentrischen Hälften durch eine schwarze Kreislinie getrennt und rund

herum von gleichem Durchmesser, und d) den Körper des ♄ selbst überall durch einen gleich großen dunkeln Raum von dem innern Ringe abgesondert sehen. Bey dieser Ansicht würde man die Größenverhältnisse des Saturnus und seines Ringes mit stark bewaffneten Augen ungefähr schätzen können; Herschel aber hat sie durch genaue Messungen also herausgebracht:

Innerer Durchmesser des kleinern Ringes	=	5900 Theile.
Aeußerer		7510 —
Innerer Durchmesser des größern Ringes	=	7740 —
Aeußerer		8300 —
Also Breite des innern Ringes .		805 —
— — äußern — .		280 —
Breite des Zwischenraums .		115 —

Der Durchmesser des Ringes verhält sich zum ♄ nahe wie 7:3; mithin kommen auf den Durchmesser des Saturnus 3557 obiger Theile, und die Breite der ganzen Ringfläche (des zusammengesetzten Ringes) ist 1200, oder nahe $\frac{1}{7}$ des Durchmessers des Ringes.

5900
3557
2343 / 2,10
1350

§. 122.

Wer sich von den höchst interessanten Erscheinungen, welche der Ring des Saturnus darbietet, eine noch deutlichere Vorstellung machen will, kann sich dazu eine kleine Maschine verfertigen lassen, wie sie der Hauptsache nach in Fig. 24. Taf. IV. abgebildet ist. Um A bewegt sich nach horizontaler Richtung ein Arm AB, der in B eine schwache Säule BC trägt, die mit einer andern AD gleiche Höhe hat. Ueber D ist eine unbewegliche Rolle rm, über C aber eine leicht um ihren Mittelpunct bewegliche r′m′ von gleichem Durchmesser angebracht. Ein kleiner über rm befindlicher hölzerner Ring n′o bewegt sich um den aus dem Mittelpunct der feststehenden Rolle rm errichteten Stift n′l, und mit ihm zugleich der kleinere Arm op, der den Stift pT trägt, auf dem ein Erdkügelchen T aufgesteckt ist. Bey l ist ein Lämpchen befestigt, dessen Flamme S die Sonne

vorstellt. Mit der Rolle r′m′ läßt sich zugleich der über b befestigte Stift b d umdrehen, der von d aus seine Richtung horizontal nach f und von hieraus schräg nach n hin nimmt. s n ist die Axe des ♄-Ringes, dessen Planet in c seinen Mittelpunct hat. Die Axe s n ist gegen die Bahn des ♄ um die Sonne unter dem Winkel n c S = 60° geneigt; a e ist der Durchschnitt der erweiterten Ring-Ebene des ♄, deren Neigung gegen die ♄-Bahn der Winkel S c e = a c g = 30° (§. 120.), als das Complement des W. n c S zu 90°, ist. Um die Endpuncte der Linie a e, welche an der Maschine durch zwey an den entgegengesetzten Seiten des Aequators der ♄-Kugel hervorragende Drathstifte vorgestellt wird, ist ein dünner Ring von Blech oder Pappe ꝛc. gelegt, dessen Ebene auf n s senkrecht ist, und der gegen die ♄-Kugel die am Ende des vorigen §. angegebenen Verhältnisse hat. Eine um die Rollen r m und r′m′ ausgespannte, glatte und überall gleich dicke Schnur r′m (die Rinnen, in denen sie geht, müssen in der Tiefe und Breite genau der Dicke der Schnur gleich seyn) macht, daß, wenn der Arm A B mit der ganzen über B befindlichen Vorrichtung B n um A herumgeführt wird, bis er wieder an den Punct B kommt, oder bis ein kleiner Zeiger i um eine unterhalb A befestigte Scheibe w x einen ganzen Umlauf vollendet hat, die Rolle r′ m′ sich unterdessen einmal um sich selbst dreht, wodurch bewirkt wird, daß die Axe n s des ♄, folglich auch die Fläche des Ringes a e sich beständig selbst parallel bleibt. — Um die Sonne oder die Flamme S geht, indem man die Arme A B und o p umdreht, die Bewegung des Saturnus c und der Erde T. Die Bahn des erstern neigt sich zwar ein wenig gegen die der letztern (§. 111.); aber diese Neigung läßt sich hier ohne sonderlichen Nachtheil bey Seite setzen, und ein Auge in T kann, wo auch die Erde stehen und welche Stellung sie gegen den Saturnus haben mag, als in der Fläche der ♄-Bahn befindlich angenommen werden.

Die Scheibe w x ist in die 12 Zeichen des Thierkreises, und jedes Zeichen in seine 30° (etwa von 5 zu 5°) einge-

theilt. Auch über der Rolle r m kann eine kleine Scheibe mit derselben Eintheilung, und an dem hölzernen Ringe n′ o ein kleiner Zeiger z angebracht seyn, so daß sowohl der ♄ als auch die Erde an jedem beliebigen Tage in das Zeichen und den Grad des Thierkreises, der dem gewählten Zeitpuncte entspricht und aus einem astronomischen Kalender genommen wird, gestellt werden kann. Der Arm A B muß etwa $8\frac{1}{2}$mal länger seyn als der kleinere o p, weil dieß ungefähr das Verhältniß der Entfernungen des ♄ und der Erde von der Sonne ist. Hat man nun auch die Knotenlinie des ♄-Ringes in die gehörige Lage gebracht (§. 120.; die Axe des Ringes n s wird, wie hier zu ersehen ist, so gerichtet, daß ihr Nordpol n, von der Sonne aus betrachtet, gegen $17\frac{2}{3}°$ ♊ und ihr Südpol gegen $17\frac{2}{3}°$ ♐ hinweiset, daß also, wenn die Maschine, d. h. die eingetheilten Scheiben w x und r m gehörig nach den Weltgegenden, nämlich $0°$ ♈ nach Ost, und $0°$ ♎ nach West hin gestellt sind, das nördliche Ende jener Axe und die nördliche Fläche des Ringes nach dem Nordhimmel, und das südliche Ende der Axe nebst der südlichen Ringfläche nach dem Südhimmel hin gerichtet bleibt); — so kann man sich von der geocentrischen Lage und Erscheinung des Ringes, indem man das Auge immer von dem Erdkügelchen T aus nach dem ♄ hin sehen läßt, die anschaulichste Vorstellung machen. — Es werde z. B. hierzu der 21. Juni 1821 gegeben. An diesem Tage tritt die Sonne, von der Erde aus gesehen, in das Zeichen des Krebses, der Saturnus aber steht, von der Sonne aus gesehen, im Zeichen des Widders, nämlich in $24° 51'$. Man drehe den Arm o p, der die Erde trägt, bis der Zeiger z über r m auf $0°$ ♋, und den Arm A B, der oben in c den ♄ trägt, bis der Zeiger i auf $24° 51'$ ♈ weiset. Man richte das Auge von T aus nach dem ♄ hin, und man wird sich überzeugen, daß der Ring genau das geocentrische Ansehen und die Lage gegen den Saturnus hat, wie in Fig. 10. (g) vorgestellt ist.

Will man sich aber eine allgemeine Uebersicht von den Erscheinungen, welche der Ring während des fast

30jährigen Umlaufs seines Planeten um die Sonne, von dieser aus betrachtet, darbietet, verschaffen; so bringe man den ♄, indem die gehörig gegen seine Bahn geneigte Axe der Ringebene genau gegen 17° ♊ und ♐ hingerichtet wird, zuerst in 17° ♓ oder den ♉ des Ringes, welches man dadurch bewirkt, daß man den Zeiger i auf 17° ♍ stellt. In dieser Lage geht die verlängerte Ebene des Ringes durch die Sonne; der Ring wird also nur seiner Dicke nach von der Sonne erleuchtet, und erscheint, wie in Fig. 10. (e), als eine feine Linie. Rückt Saturnus durch ♈ und ♉ (der Arm AB wird nämlich mit der Hand weiter fortgeschoben), so fängt die Sonne an die südliche Seite des Ringes zu erleuchten, welche sich immer mehr gegen ein in der Fläche der Ekliptik liegendes Auge erhebt, so daß der nördliche Theil des Ringes vor der Kugel des ♄ über und der südliche hinterhalb derselben unter dem Mittelpuncte liegt. Im 17° ♊ oder 90° vom ♉ ist diese Erhebung am größten und die Ellipse des Ringes erscheint am weitesten offen, wie in Fig. 10. (a); der Nordpol des Ringes ist von der Sonne ab-, der Südpol aber ihr zugewendet. Von da nimmt die Breite des Ringes wieder durch ♋ und ♌ ab. Im 17° ♍ ist abermals die Ebene desselben gegen die Sonne gerichtet, und er ist unsichtbar; Fig. 10. (f). Nachher fängt die Sonne an die nördliche Seite des Ringes zu erleuchten, und zwar immer mehr, je weiter Saturnus in der ♎ und dem ♏ fortrückt; der Ring wird also wieder sichtbar, indem sich unser Auge über dessen Ebene nördlich erhebt. Im 17° ♐ ist der Ring wieder am weitesten offen, wie in Fig. 10. (b). Der Nordpol ist nun vor und der Südpol hinter der Kugel; daher steht der nördliche Theil des Ringes jenseits über, und der südliche diesseits unter dem Mittelpuncte des Planeten. Endlich wird der Ring wieder nach und nach enger, je mehr ♄ im ♑ und ♒ fortrückt. Ueberhaupt zeigt sich daher der Ring des ♄ in seiner größten Oeffnung, wenn ♄ bey den Sternen zwischen dem Scorpion und Schützen, oder bey den Sternen an den Hörnern des Stiers erscheint. Im östlichen Theile des Gestirns

des Löwen und östlich beym Wassermann erscheint ♄ ohne Ring.

Will man sich endlich eine allgemeine Uebersicht von den geocentrischen Erscheinungen verschaffen, so rücke man, indem man die Erde einmal um die Sonne gehen läßt, den ♄ um 12° (denn diesen Bogen legt er jährlich, oder in 365 T. im Thierkreise zurück) auf seiner Bahn weiter fort, so daß, wenn die Erde 30 Umläufe vollendet hat, Saturnus einmal um die Sonne herumgekommen ist.

§. 123.

Die 6 Trabanten des Uranus gehören nach Herschel's, ihres Entdeckers, Versicherung zu den allerfeinsten Gegenständen, die er je am Himmel beobachtet hat. Nur zwey von ihnen, nämlich der 2te und 4te, sind auch von Schröter beobachtet, und ihre ziemlich kreisförmigen Bahnen sind von diesem und von Herschel mit größerer Zuverläßigkeit als die der übrigen bestimmt worden *). Es möge indeß hier stehen, was Herschel's Scharfblick und Scharfsinn in Hinsicht der Abstände sämmtlicher Trabanten vom Mittelpuncte des Uranus in Halbmessern dieses Planeten, und ihrer siderischen Umlaufszeiten herausgebracht hat.

I.	Trab.	13,	120	5 T. 21 St.	25′
II.	—	17,	022	8 16	58
III.	—	19,	845	10 23	4
IV.	—	22,	752	13 10	56
V.	—	45,	507	38 1	48
VI.	—	91,	008	107 16	40

Die Bahnen jener beyden genauer bekannten Trabanten fand Herschel um 89° gegen die Ekliptik geneigt, also fast senkrecht auf dieser stehend; triftige Gründe bewogen ihn anzunehmen, daß dieß auch bey den übrigen der Fall sey. Nicht weniger merkwürdig ist auch der Umstand, daß, den Wahrnehmungen jenes großen Beobachters zufolge, die Monde des ♁ nach einer den Bewegungen der übrigen Planeten und

Nebenplaneten entgegengesetzten Richtung, nämlich von Morgen gegen Abend sich um den Uranus bewegen.

Anmerk.

*) La Place sagt in seiner Exposit. du Système etc., 4. Edit. Liv. I. Chap. 9.: „Les observations qu' Herschel a publiées sur les quatre autres, sont trop peu nombreuses pour déterminer les élemens de leurs orbes, et même pour assurer incontestablement leur existence.“ Diese Bemerkung scheint nicht ganz ungegründet, wenn man damit einen Aufsatz im Berl. astron. Jahrb. für 1819. S. 232—242. „Resultate aus Beobachtungen der Uranusmonde ꝛc. vom Hrn. D. W. Herschel, im Auszuge dargestellt vom Prof. Brandes“ vergleicht; denn hieraus sieht man, daß für das Daseyn des 2ten und 4ten Uranusmondes die meisten und zuverläßigsten Zeugnisse in den Beobachtungen liegen. Gleichwohl ist kaum an den Herschel'schen Angaben, wenigstens in Hinsicht der Zahl der ♅-Trabanten, zu zweifeln; ja man muß sich geneigt fühlen zu glauben, daß, so wie der Jupiter vier, und der weiter von der Sonne entfernte Saturnus sieben Trabanten hat, dem noch ungleich entferntern Uranus noch mehr als sechs Monde zur Erleuchtung seiner Nächte von der weisen Natur beygegeben worden sind.

§. 124.

Die Sichtbarkeit und die Bewegung der Kometen (§. 38.) ist von der der Planeten sehr verschieden. Zwar werden jene Körper sehr häufig, wo nicht mit bloßen Augen, doch durch Fernröhre oder Kometensucher gesehen (teleskopische Kometen); aber größtentheils erscheinen sie ganz unerwartet, bleiben nur auf unbestimmte Zeit sichtbar, und verschwinden dann, ohne während eines Menschenlebens wieder gesehen zu werden. Jedoch bezieht sich, wie die Beobachtungen zeigen, ihre Bewegung auf die Sonne; denn sie beschreiben, so lange sie sichtbar sind, ein Bogenstück, innerhalb dessen sich die Sonne befindet. Bey ihrem ersten Sichtbarwerden sind sie gewöhnlich sehr klein, haben ein schwaches Licht und eine langsame Bewegung; nach und nach nehmen sie an Größe, Glanz und Schnelligkeit zu, bis sie der Sonne am nächsten gekommen sind, oder ihr Perihelium erreicht haben. Hierauf werden sie allmählig wieder

kleiner, lichtschwächer und langsamer in ihrem Laufe, bis sie zuletzt, erst dem unbewaffneten, dann auch dem bewaffneten Auge sich gänzlich wieder entziehen. Der natürlichste Gedanke ist, daß sie in einer krummen, in sich selbst zurückkehrenden Line um die Sonne laufen. Da sie aber nach einer kurzen Erscheinung wieder verschwinden, und, so lange sie sichtbar sind, niemals einen ganzen Umkreis von 360° am Himmel, sondern immer nur einen Theil davon beschreiben; so können ihre Bahnen nicht, wie die der Planeten, beynahe kreisrund seyn, sondern sie müssen sich von dem Theile, wo sie der Sonne am nächsten kommen, d. h. von ihrem Perihelio aus sehr in die Länge ziehen. Die Ellipse kann, vermöge der Abstufungen, deren sie vom Kreise bis zur Parabel fähig ist, *) zur Darstellung dieser verschiedenen Bahnen dienen. Die Analogie leitet uns also darauf, die Kometen sich in Ellipsen bewegen zu lassen, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht. Nehmen wir nun an, die Ellipse PA in Fig. 23. (Taf. III.) sey die Laufbahn irgend eines Kometen; so wird uns der Grund der vorhin beschriebenen Erscheinungen, die mit der Sichtbarkeit eines jeden Kometen verbunden sind, vollkommen klar. Um denselben Brennpunct S, den die Sonne einnimmt, und um den die stark excentrische Bewegung des Kometen geht, laufen nämlich auch in fast unmerklich excentrischen, oder in Vergleich mit der überaus ovalen Ellipse des Kometen beynahe kreisrunden Bahnen die Planeten ☿, ♀, ♂ ꝛc. bis ♅ in immer zunehmenden Abständen. Ist nun schon Uranus wegen seiner weiten Entfernung von der Sonne schwer zu erkennen; so muß dieß bey dem Kometen seines immer mehr abnehmenden Lichtes wegen noch weit mehr der Fall seyn, wenn er über die Uranusbahn hinausläuft; ja wir werden ihn, zumal wenn er an sich schon klein ist (die 4 neuen Planeten können hier zum Beweise dienen; §. 37. und 111.), nur etwa in dem kleinen Theile bPa seiner länglichen Bahn, welcher der Sonne S nahe ist, von der Erde aus sehen, und in der ganzen langen Zeit, wo er den übrigen ungleich größern

Theil bAa seiner Bahn durchwandert und so weit oder noch weiter als 24 von uns entfernt ist, gar nicht bemerken. Die Zeit seiner Unsichtbarkeit wird um so beträchtlicher seyn, da er sich desto langsamer bewegt, je weiter er sich von der Sonne entfernt, am langsamsten in seinem Aphelio A; weil auch bey den Kometen, den Beobachtungen zufolge, die Zeiten sich so verhalten, wie bey der in einer elliptischen Bahn sich scheinbar bewegenden Sonne (§. 64.), und z. B. die Zeit, in der ein Komet den Bogen P b zurücklegt, durch den elliptischen Ausschnitt P S b gemessen wird.

Anmerk.

*) Es drehe sich in Fig. 25. eine gerade Linie A C Q um C als um einen festen Punct, so, daß jeder ihrer Puncte A oder D einen Kreis A a B b oder D d E e beschreibt; so entsteht ein Kegel C A B, dessen Grundfläche der Kreis A a B b, oder C D E, dessen Grundfläche der kleinere Kreis D d E e ist, zugleich aber auch noch ein anderer Kegel C P Q, der über C fällt. Wird nun ein solcher doppelter Kegel von einer Ebene geschnitten, so heißt die daraus auf der Oberfläche des Kegels entstehende krumme Linie überhaupt ein Kegelschnitt (vergl. §. 64. Anm. 1.). Geht der Schnitt mit den Grundflächen A B, D E parallel, so entsteht ein Kreis D d E e; geht er schief, wie nach der Richtung F G, eine Ellipse F t G u, die desto länglicher ist oder desto mehr vom Kreise abweicht, je weiter die schneidende Ebene F G sich von der Grundfläche F O entfernt, oder je schiefer ihre Lage ist. Sie bleibt aber immer noch eine in sich selbst zusammenlaufende Linie, wiewohl dem Kreise immer unähnlicher, bis die schneidende Ebene in die Lage F H kommt, die der Linie C B parallel ist. In dieser Lage entsteht ein neuer Kegelschnitt, nämlich die Parabel I F K, die sich nicht, gleich der Ellipse, in G oder einem andern Puncte der Linie C B schließen kann, weil F H mit ihr parallel ist, sondern die mit ihren zwey Aesten F I, F K ins Unendliche fortläuft, weil der Kegel selbst keine Grenzen hat. So bald sich aber die Ebene im Geringsten über die Lage F H hinaus dreht, also die parallele Lage mit C B verläßt; so entfernt sich der untere Theil der Ebene F H noch weiter von C B, während der obere um eben so viel derselben Linie C P sich wieder nähert. Die Ebene muß daher die Linie B C P oberhalb C in irgend einem Puncte M schneiden, und hierdurch entsteht der vierte Kegelschnitt, die Hyperbel, die aus zwey einander gegenüber stehenden krummen Linien k L l und m M n besteht, deren keine sich schließen kann, sondern jede, gleich der Parabel, mit zwey Aesten L k, L l, oder M m

Mn ins Unendliche fortläuft. Die Hyperbeln, die also immer paarweise entstehen, dauern fort, wenn sich die schneidende Ebene LM um L weiter nach C dreht. Sobald sie aber über C hinaus in irgend einen Punct E fällt; so entsteht, wie man leicht sieht, wieder eine Ellipse LE, die aber eine entgegengesetzte Lage hat, als die der Ellipse FG war, z. B. wie FE. Außer diesen vier Kegelschnitten (dem Kreise, der Ellipse, der Parabel und der Hyperbel) ist kein anderer gedenkbar.

Wenn man sich vorstellt, daß die schneidende Ebene sich immerfort um einen festen Punct F dreht, und daß sie von FC anfängt nach und nach die Lagen FE, FO, FG, FH anzunehmen; so sieht man, daß es unzählige Ellipsen giebt, die alle von einander durch ihre Abplattung oder Excentricität verschieden sind, weil alle Puncte in der Linie CB, mit alleiniger Ausnahme des Puncts O, Ellipsen geben, und die Linie CB keine Grenzen hat; daß es hingegen für die Parabel nur eine einzige Lage FH, so wie für den Kreis nur die einzige FO, also gegen unzählige Ellipsen nur einen Kreis und nur eine Parabel giebt, welche die Grenze zwischen den Ellipsen und Hyperbeln ist, deren es also auch eine unendliche Zahl gegen eine Parabel giebt. Hierdurch wird es höchst wahrscheinlich, ja es ist das Unendliche gegen Eins zu wetten, daß, so wie die Planeten nicht in Kreisen, so die Kometen weder in Kreisen noch in Parabeln um die Sonne laufen. Zwar könnten sie auch in Hyperbeln sich bewegen; da aber diese keine geschlossenen Linien sind, so würden die Kometen nur einmal erscheinen, und sich dann auf immer entfernen, was nicht nur an sich wenig glaublich ist, sondern auch, wie im II. Abschnitte gezeigt werden wird, den Beobachtungen und Entdeckungen der neuern Zeit widerspricht, indem wirklich einige Kometen bereits mehrmal zurückgekehrt sind.

Von der Parabel möge nur noch Folgendes angemerkt werden: Eine Linie PX (Fig. 26.) heißt die Axe der Parabel, und theilt diese in zwey gleiche Hälften. Auf der Axe liegt ein Punct S, dessen Entfernung von dem Scheitel P die Figur der ganzen Parabel bestimmt; er heißt der Brennpunct. Wenn man nämlich an einen Punct des Umfangs M aus S die Linie SM, und durch M die Parallele MN mit der Axe zieht; so machen beyde mit der Berührungslinie Tt in M gleiche Winkel, so daß Lichtstrahlen, die parallel mit der Axe auf eine parabolisch gekrümmte Spiegelfläche fallen, alle nach S hin gebrochen werden, und umgekehrt. — Läßt man von M eine Senkrechte MF auf die Axe, so ist SM = PF + PS, woraus sich eine leichte Verzeichnung der Parabel ergiebt. — Ferner ist das Quadrat von FM so groß als das Rechteck von PF in das Vierfache von PS, so daß sich die Linien FM und die dazu gehörigen PF wie Wurzeln und Quadrate verhalten.

§. 125.

Die Bahnen fast aller bis jetzt astronomisch beobachteter Kometen sind so ungemein excentrisch, daß der Brennpunct S (Fig. 25.), den die Sonne einnimmt, fast in F fällt, so daß, wenn sie auch wirklich in einer Ellipse F t G u laufen, der Theil derselben, welcher um F, S fällt, einer Parabel sehr nahe kommt. Es ist nämlich leicht einzusehen, daß der obere Theil F der Ellipse, je weiter der untere Theil G sich nach B oder H drehet, desto mehr sich der Parabel F H nähert, die in der That die Grenze ist, der die Ellipsen immer mehr und mehr sich nähern, je excentrischer sie werden (man s. die Anm. zum vorigen §.). Da uns nun die Kometen bloß in dem Theil F ihrer Bahnen, der nahe bey der Sonne S liegt (§. 124.), sichtbar sind; so pflegt man, wenn ein Komet erscheint, anzunehmen, daß er sich in einer Parabel, wie M P m (Fig. 26.), bewegt. Hierdurch wird die Berechnung seiner Bahn viel einfacher und bequemer wie die eines elliptischen Laufs, weil in der Parabel, deren Axe P X, der Brennpunct S ist, sich nach der Theorie der Kegelschnitte die Sectoren P S L, P S M, viel leichter bestimmen lassen als in der Ellipse. Es mag der Punct M liegen, wo es sey, so hält, wenn man aus ihm die Senkrechte M F auf die Axe zieht, der Abschnitt P F M zwey Drittheile von dem Rechtecke aus P F und F M. Zieht man nun das Dreyeck S M F von diesem Abschnitte ab, so bleibt der Ausschnitt P S M übrig, welcher die Zeit des Laufs durch den Bogen P L M mißt. Ferner findet man, wenn man P S oder die Entfernung des Perihelii P von dem Mittelpuncte der Sonne S kennt, die Entfernung S M des Kometen von der Sonne in jedem Puncte der Parabel aus der wahren Anomalie (vergl. §. 59.) P S K, P S L, oder umgekehrt diese aus jener. Ja selbst wenn P S unbekannt ist, und man zwey verschiedene Entfernungen des Kometen S L, S M nebst dem Winkel kennt, den sie einschließen, läßt sich die wahre Anomalie und daher auch der Punct der Sonnennähe P

ohne große Schwierigkeit finden. — Auf diese Art kennt man von einer Kometenbahn weder die große Axe noch das Aphelium, und eben daher zählt man die Anomalie nicht von der Sonnenferne, die in der paraboliſchen Bahn gar nicht exiſtirt, ſondern von der Sonnennähe P, in welcher der Komet uns allein ſichtbar iſt; oder man ſieht die Zeit der Sonnennähe des Kometen als die Epoche an, von welcher man ſeine Bewegung rechnet, und ſetzt den Anfang der wahren Anomalie in P. Ferner betrachtet man den Abſtand des Perihelii P S als die Einheit in Anſehung der übrigen Ausmeſſungen der Kometenbahn (wiewohl man ſie auch in Halbmeſſern der Sonnen- oder Erdbahn auszudrücken pflegt). Hiernach ſind die Hauptbeſtimmungsſtücke, oder die ſogenannten Elemente der als paraboliſch angeſehenen Bahn eines Kometen folgende: 1) der Abſtand des Kometen von der Sonne in ſeinem Perihelio, und 2) die Länge des Perihelii; durch welche beyden Stücke die Bahn ſelbſt, oder ihre Geſtalt und Größe beſtimmt wird; — 3) die Zeit des Durchgangs durch das Perihelium, oder die Epoche; — 4) die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, und 5) die Länge der Knoten; welche beyden Elemente die Lage der Bahn beſtimmen; — endlich 6) der rechtgängige oder rückgängige Lauf des Kometen.

Drey vollſtändige Beobachtungen ſind hinlänglich, die genannten Elemente zu berechnen [1]); alle übrigen dienen nur dazu, deren Richtigkeit zu beſtätigen und der Theorie die möglichſte Schärfe zu geben. Hierdurch hat man bis jetzt die Bahnen von mehr als 100 Kometen ſehr genau beſtimmt. Aus der Vergleichung dieſer Beſtimmungen (oder der Tafeln [2]), in welchen ſie zur Ueberſicht aufgeſtellt ſind) ſieht man, daß es nahe eben ſo viel recht- als rückläufige Kometen gegeben hat, und daß die Bahnen dieſer Wandelſterne alle mögliche Neigungen gegen die Ekliptik, von 0 bis 90°, haben.

Anmerk.

1) S. D. Wilh. Olbers, Abhandlung über die leichteſte und bequemſte Methode, die Bahn eines Kometen aus einigen Beob-

achtungen zu bestimmen. Weimar 1797., und nachträgliche Bemerkungen dazu im Berl. astron. Jahrb. für 1809, S. 193. ff. — *C. F. Gauss*, Theoria motus etc. Lib. II. Sect. 1. p. 131. sqq. „Determinatio orbitae e tribus observationibus completis"

2) Dergl. Tafeln stehen in der eben angeführten Olbers'schen Schrift; sie gehen bis auf das Jahr 1796, sind aber von dem Verf. im XXVI. Bd. der Monatl. Correspondenz. Octoberst. 1812. S. 328 ff. u. s. w. bis auf das J. 1812. incl. fortgesetzt werden; vergl. eine ähnliche Bearbeitung dieses Gegenstandes von v. Zach ebendas. Nov. 1812. S. 463. ff. — Eine vollständige Uebersicht aller bis zum J. 1813. incl. berechneten Kometenbahnen findet man auch im 3. Bande der Astronomie théoret. et pratique von *De Lambre*.

§. 126.

Die genaue Bestimmung der parabolischen Elemente jedes erscheinenden Kometen ist von der äußersten Wichtigkeit; denn durch die aus solchen Berechnungen entstehende, sich von Jahr zu Jahr vergrößernde Sammlung von Kometentafeln werden die künftigen Beobachter in den Stand gesetzt, zu beurtheilen, ob irgend ein Komet, der von ihnen gesehen wird, schon früher beobachtet worden sey. Findet man nämlich, daß die Elemente von zwey zu verschiedenen Zeiten erschienenen Kometen ganz oder nahe dieselben sind, so hat man die gegründetste Ursache, beyde für einerley Kometen (für identisch) zu halten. Dann bestimmt man aus der Entfernung jener beyden Zeitpuncte von einander die Umlaufszeit des Kometen, woraus sich ferner auch die große Axe, überhaupt die eigenthümliche Ellipticität seiner Bahn berechnen läßt. Auf diese Art hat man bis jetzt, wie wir weiter unten sehen werden, nur zwey Kometen kennen gelernt, von denen man mit Gewißheit weiß, wie ihre elliptische Bahn beschaffen ist, und nach welchem Zeitraume sie wiederkehren; jedes künftige Jahrhundert wird aber hoffentlich diese geringe Zahl bedeutend vermehren.

Hat man für irgend einen Kometen die parabolischen Elemente auf das genaueste berechnet, so kann man allerdings auch hierauf die Bestimmung der elliptischen Bewe-

gung gründen, indem man eine Ellipse sucht, welche eben denselben Brennpunct, dieselbe Entfernung des Perihelii, dieselbe Neigung und Knotenlinie, und um den Punct der Sonnennähe herum dieselbe Krümmung hat, als die Parabel. Diese Rechnung läßt sich aber nur bey solchen Kometen anwenden, von deren Bahn ein beträchtlich großer Theil beobachtet worden ist, weil der Bogen nahe bey der Sonnennähe so unmerklich von der Parabel abweicht, daß man bey dem geringsten Fehler in den Beobachtungen statt der Ellipse eine Parabel, folglich eine unendliche Umlaufszeit finden würde. Ueberhaupt ist jene Rechnung sehr mißlich, weil aus einem sehr kleinen Bogen, der uns bekannt ist, der ganze unbekannte Theil der lang gestreckten Bahn hergeleitet werden soll, auf der ohnedieß der Komet vielleicht Einwirkungen von Seiten anderer Weltkörper, denen er begegnet, erfahren kann, die stark genug sind, um seinen Lauf zu ändern und — einen Strich durch die Rechnung zu machen. Gleichwohl sind die Versuche, die Bewegung irgend eines genau und lange beobachteten Kometen durch eine Ellipse darzustellen, höchst verdienstlich; denn hierdurch werden die Nachkommen auf dessen Wiedererscheinung aufmerksam gemacht, die, wenn sie auch nicht ganz genau mit der vorgefundenen Rechnung zusammen stimmen sollte, doch zur Vervollkommnung der Kometen-Theorie viel beytragen wird.

Ende des ersten Abschnitts.

Zweyter Abschnitt.

Wahre Bewegungen der Himmelskörper.

I. Capitel.

Die Axendrehung und einige andere Merkwürdigkeiten der Sonne, des Erdmonds, der Planeten, der Trabanten und der Kometen.

§. 127.

Daß die im ersten Abschnitte ihrer eigenen Bewegung nach betrachteten Wandelgestirne *) nicht bloß scheibenförmige, sondern nach allen Seiten hin abgerundete Körper, kurz: daß sie Kugeln sind, wird der denkende Leser aus manchen Umständen bereits selbst geschlossen haben. Verschiedene andere Beobachtungen, die wir nun noch kennen lernen müssen, werden jedoch diese Vermuthung zur Gewißheit erheben. — Sind aber jene leuchtenden Kugeln außer der fortschreitenden (progressiven), von Abend nach Morgen gerichteten Bewegung, vermöge der sie krumme, in sich selbst zurückkehrende Linien um einen gewissen Centralkörper beschreiben, — nicht vielleicht noch einer andern Bewegung, die um einen ihrer Durchmesser, den wir zu diesem Ende als ihre Axe betrachten wollen, vollbracht wird, mit einem Worte: einer Umdrehungs- oder Rotationsbewegung unterworfen? Diese Frage kann nur unter einer gewissen Bedingung durch die Beobachtungen entschieden werden. Wären nämlich die Sonne, der Mond, die Planeten ꝛc. vollkommen glatt geschliffene Kugeln, ohne Flecken und Farbenspiel; so wäre es uns eben so unmöglich, über ihre Rotation zu urtheilen, als wir die tägliche Umwälzung der scheinbaren Himmelssphäre bemerken würden, wenn es keine festen Puncte oder vor andern ausgezeichnete Stellen,

d. h. wenn es keine Sterne am Himmel gäbe, die durch ihre Bewegung uns davon überzeugen. Kein Theil der sphärischen Oberfläche der Sonne ꝛc. würde vor dem andern sich besonders kenntlich machen, und wir würden nicht wissen können, ob sie uns immer eine und dieselbe oder nach und nach verschiedene Seiten zukehren. Es müssen sich also dem Beobachter, wie wir es kurz nennen wollen, Flecken auf den Weltkörpern zeigen, wenn er mit Gewißheit bestimmen will, ob diese selbst eine Rotationsbewegung haben oder nicht. Dergleichen Flecken aber hat man seit Erfindung der Fernröhre allerdings an den wandelnden Himmelskörpern entdeckt, und aus ihrem periodischen Fortrücken, Verschwinden und Wiedererscheinen ist die Rotation der Sonne, der Planeten ꝛc. auf eine untrügliche Weise hergeleitet worden. Es folgt hieraus zugleich, daß wir nur von der Axendrehung derjenigen Gestirne etwas wissen können, die uns so nahe, oder die groß genug sind, daß wir vermittelst unserer besten Sehewerkzeuge ihre Flecken deutlich wahrnehmen können, und daß den alten Astronomen dieser ganze Theil der Sternkunde, der von einer zweyten Art der eigenen Bewegung der Wandelsterne (vergl. §. 36.) handelt, ganz fremd bleiben mußte; woraus sich, (so wie überhaupt aus dem Mangel an teleskopischen Beobachtungen) ihre beschränkten Ansichten von der wahren Einrichtung des Weltsystems, die man also billig beurtheilen muß, zumal da sie im Uebrigen mit musterhafter Sorgfalt und Umsicht zu Werke gingen, — leicht erklären lassen.

Wir wollen nun das Verfahren, die Umdrehungsbewegung der Sonne und die Lage ihrer Rotationsaxe zu bestimmen, etwas genauer betrachten; wir werden dann, weil die Rotation der Planeten auf ganz ähnliche Weise ausgemittelt wird, nicht nöthig haben, bey diesen Weltkörpern mehr davon zu sagen.

Anmerk.

*) Ungeachtet dort schon zum Theil auch von wahren Bewegungen die Rede war; so kam doch dem Ganzen die allgemeine Ueber-

schrift „Scheinbare Bewegungen“ zu, weil wir theils die Vorstellung von der täglichen Bewegung aller Himmelskörper, ob sie gleich, wie wir bald sehen werden, ein bloßer Schein ist, durchgängig beybehielten, theils die Frage: ob die Sonne mit den Planeten ꝛc. ihre eigene Bewegung um die Erde, oder ob diese mit den Planeten ꝛc. ihren Lauf um die Sonne vollführt, wenn auch nicht unberührt (§. 113.), doch wenigstens unentschieden ließen. — Die Betrachtung der wahren Bewegungen aber muß mit der Untersuchung der Axendrehung der Sonne, der Planeten ꝛc. beginnen; denn diese Art von eigener Bewegung ist nicht nur keiner Täuschung unterworfen (läßt keine Verschiedenheit der Erklärung, wie bey der fortschreitenden Bewegung der Sonne ꝛc., zu), sondern sie führt auch zur Ueberzeugung von der Bewegung der Erde und hiermit zur richtigen Einsicht in das wahre Weltsystem.

§. 128.

Man bemerkt sehr oft auf der im Fernrohre immer scharf begrenzt erscheinenden Sonnenscheibe, bisweilen, wenn man diese durch ein gefärbtes oder angelaufenes Glas betrachtet, schon mit bloßen Augen, einzelne oder mehrere Flecken von verschiedener, oft veränderlicher Gestalt und Größe; gemeiniglich aber bestehen sie aus einem schwarzdunkeln Kern, der rund umher mit einem blassen, nebelartigen Schatten umgeben ist.

Viele Sonnenflecken nehmen bald nach ihrem Entstehen ein anderes Ansehen an und verschwinden nach einer kurzen Sichtbarkeit gänzlich; viele andere halten in ziemlich gleicher Form und Größe nicht nur Tage, sondern Wochen lang auf der Sonnenscheibe aus, und an diesen bemerkt man Folgendes:

1) Sie bewegen sich sämmtlich nach derselben Richtung, und zwar, von der Erde aus gesehen, von Ost nach West, oder von der linken nach der rechten Hand hin, in parallelen und ähnlichen Linien, ohne ihre gegenseitige Lage zu ändern, über die Sonnenscheibe weg.

2) Wenn sie am westlichen Rande verschwinden, so bleiben sie etwa 14 Tage unsichtbar; dann kommen sie am östlichen Rande wieder zum Vorschein, rücken täglich weiterhin nach dem westlichen, wo sie nach einem gleichen Zeitraum,

nämlich nach einer 14tägigen Sichtbarkeit aufs Neue verschwinden.

3) Wenn sie am östlichen Rande der Sonne erscheinen, bewegen sie sich Anfangs langsamer, nachher immer geschwinder, je mehr sie sich dem Mittelpuncte der Sonne nähern; haben sie diesen erreicht, so ist ihre Geschwindigkeit am größten, weiterhin nimmt sie in dem Maße ab, wie sie vorher zunahm, und wird immer geringer, je näher sie dem westlichen Rande kommen. Zugleich ist jeder Flecken an beyden Rändern der Sonnenscheibe am schmälsten; je mehr er sich aber deren Mittelpuncte nähert, desto breiter wird er.

Alles dieses beweiset: a) daß die Sonne ein kugelförmiger Körper ist; b) daß die Flecken auf ihrer Oberfläche liegen, oder doch ihr ganz nahe sind und in der genauesten Verbindung mit ihr stehen; c) daß sie sich in ungefähr 2 . 14 = 28 Tagen in derselben Richtung, nach welcher ihre jährliche Bewegung geht, d. h. von Abend nach Morgen einmal um sich selbst dreht.

4) In den ersten Tagen des Juni, wenn die Sonne im 10ten Grade der Zwillinge steht, sind die Bahnen aller Flecken in der Sonnenscheibe unter sich parallele gerade Linien, welche unter einem Winkel von $7\frac{1}{2}°$ gegen die Ekliptik geneigt sind, und zwar so, daß sie sich nach Süden unter die Ekliptik hinabsenken. So wie die Sonne in ihrer Bahn fortrückt, oder ihre Länge zunimmt, fangen die Bahnen der Flecken an sich zu krümmen und in Ellipsen überzugehen, welche ihre innere hohle Seite nach Süden oder nach unten hinkehren, bis, wenn die Sonne in den ersten Tagen des Septembers den 10ten Grad der Jungfrau erreicht hat, die Krümmung am stärksten wird. Diese nimmt nach und nach wieder ab, bis die Bahnen der Flecken, wenn die Sonne in den ersten Tagen des Decembers sich im 10ten Grade des Schützen befindet, wieder geradlinigt und abermals um $7\frac{1}{2}°$ gegen die Ekliptik geneigt erscheinen, so, daß sie sich nach Norden über die

Mitte der Sonne oder die Ekliptik erheben. Nun fangen die Bahnen der Flecken an sich wieder zu krümmen, und ihre innere oder hohle Seite nach Norden oder nach oben zu kehren; die Krümmung wird, wenn die Sonne in den ersten Tagen des März den 10ten Grad der Fische erreicht, am stärksten, und nimmt von da an beständig ab, bis die Sonne wieder in den 10ten Grad der Zwillinge kommt.

Hieraus folgt: d) daß die während der scheinbaren jährlichen Bewegung der Sonne sich immer selbst parallel bleibende Rotationsaxe der Sonne eine Neigung von $82\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen die Ekliptik hat, und daß eine durch jene Axe gelegte Ebene die Ekliptik im 10ten Grade der Jungfrau und der Fische so schneidet, daß auf der Seite des letztern Puncts (10°) der spitze Winkel liegt, unter welchem die Umdrehungsaxe gegen die Ebene der Sonnenbahn geneigt ist; — endlich e) daß die Neigung des Sonnenäquators, d. h. des größten Kreises, welcher auf der Rotationsaxe senkrecht ist, gegen die Ekliptik $7\frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt, und daß dessen erweiterte Fläche die Ekliptik im 10ten Grade der Zwillinge und des Schützen durchschneidet.

Alle diese Erscheinungen kann man sich versinnlichen, wenn man an der in §. 122. beschriebenen Maschine (Fig. 24.) in S statt der Sonne das Erdkügelchen T aufsteckt, den Saturnus in c aber als die Sonne, den Ring ae als die erweiterte Ebene des Sonnenäquators, und fn als die sich immer parallel bleibende Rotationsaxe der Sonne, der man jedoch die der senkrechten Stellung sich mehr nähernde Neigung von $82\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen die Ekliptik geben muß (wodurch zugleich die Neigung das Sonnenäquators $= 7\frac{1}{2}^{\circ}$ wird) betrachtet; — oder wenn man, was dieselben Erscheinungen giebt, in S die Sonne mit der eben erwähnten Neigung ihrer Axe ꝛc., in c aber die Erde anbringt, und diese durch Umdrehung des Armes AB um jene herumgehen läßt. Hat

man nun die den Thierkreis darstellende Scheibe wx gehörig gerichtet (o° ♈ nach Ost, und o° ♎ nach West; o° ♑ also nach Süd, und o° ♋ nach Nord) und der Rotationsaxe der Sonne eine solche Stellung gegeben, daß ihr nördlicher Theil über dem 10ten Grade der Fische und ihr südlicher über dem 10ten Grade der Jungfrau, folglich die Durchschnittslinie des Sonnenäquators mit der Ekliptik, oder die Knotenlinie desselben über dem 10ten Grade der Zwillinge und des Schützen (dort der aufsteigende Knoten ☊, hier der niedersteigende ☋) liegt; so wird man von der kleinen Erdkugel aus sehen, daß, wenn man z. B. durch Drehung des Armes AB den Zeiger i einmal auf 10° ♊, und dann auf 10° ♐ richtet, und die Sonne von West nach Ost um ihre Axe drehet, der Aequator und alle Parallelkreise der Sonne, folglich auch alle Flecken, die man sich auf und zu beyden Seiten des Aequators etwa mit Kreide zeichnen mag, gegen unser Auge gerade, obgleich gegen die Ekliptik schrägliegende Linien beschreiben, — daß ferner, wenn man die Erde zwischen den vorigen Stellungen nach und nach andere einnehmen läßt, so daß sie sich einmal an der südlichen, das anderemal an der nördlichen Seite des Sonnenäquators befindet, jene geraden Linien sich in elliptische Krümmungen verwandeln, deren äußere oder erhabene Seite entweder nach Norden oder nach Süden hin gekehrt ist u. s. w.

Verlängert man in Gedanken den nördlichen Theil der Rotationsaxe der Sonne, so trifft er ungefähr die Sterne o und π im Drachen, in der Gegend, die an den einen Flügel des Schwanes grenzt; das südliche Ende ist gegen α in der Mahlerstaffeley (einem neuern Sternbilde des südlichen Himmels; §. 26. III. 82.) gerichtet.

§. 129.

Die Zeit, in welcher ein Sonnenflecken sich einmal ganz herumdreht, bis er wieder in derselben Stelle der Sonnenscheibe erscheint, in der er sich vorher zeigte, beträgt,

genauer genommen (§. 128. 3. c.), 27 T. 12 St. 20 Min. In vollkommener Schärfe läßt sich indeß diese Periode schwerlich bestimmen, da die Flecken zum Theil sehr veränderlich sind und an manchen sogar eine kleine Ortsveränderung wahrgenommen wird. — Die eigentliche oder wahre Rotationszeit der Sonne aber ist kürzer, als die Umlaufszeit der Flecken. Denn wenn wir von der Erde T aus (Fig. 8*) einen Flecken E gerade im Mittelpuncte der Sonnenscheibe S nach der geraden Linie TS sehen, so geht, indem sich die Sonne nach ABC umdreht, zugleich ihr Mittelpunct nach derselben Richtung auf der Ekliptik nach SD fort. Erscheint nun hierauf derselbe Flecken uns wieder im Mittelpuncte der Sonne in G nach der geraden Linie GT, und zieht man DF mit ST parallel; so hatte offenbar die Sonne schon eine ganze Umwälzung vollendet, als der Flecken bis F gekommen war. Er mußte also noch durch den Bogen FG gehen, ehe er für unser Auge in T seinen scheinbaren Umlauf vollendete. Nennen wir die Zeit dieses letztern Umlaufs t, und die Zeit der wirklichen Rotation der Sonne d; so ist der Flecken in der Zeit d durch 360°, in t aber durch 360° + FG gleichförmig fortgegangen. Der Mittelpunct der Sonne S rückt in derselben Zeit t durch SD fort, und in der Zeit eines Jahres T durch 360°, also in T + t durch 360° + SC. Da nun FDG = DTS ist; so hält SD so viele Grade als FG, — und weil die Zeit der scheinbaren Umdrehung der Flecken aus vielen Beobachtungen ins Mittel bestimmt wird, also hier von mittlern Bewegungen die Rede ist, deren Zeiten sich immer wie die durchlaufenen Räume verhalten; so ist $d : t = T : T + t$. Durch diese Proportion kann man d bestimmen, wenn t bekannt ist. Setzt man z. B. die Zeit der scheinbaren Umwälzung der Flecken, oder t auf $27\frac{1}{2}$ T. = 27, 5 T., und T auf $365\frac{1}{4}$ T. = 365, 25 T.; so wird die Zeit der wirklichen Rotation der Sonne $d = \frac{27,5 \cdot 365,25}{392,75} = 25\frac{1}{2}$ Tage, wofür Cassini 25 T. 14 St. 8′ fand, neuere

Astronomen aber 25 T. 13 St. 27 bis 44′, auch nur 25 T. 10 St. annehmen.

Da der Durchmesser, folglich auch der Aequator der Sonne über 110mal so groß ist, als der der Erde; so wird der Sonnenäquator durch die Rotation ungefähr 4mal so schnell herumgeführt als der Erdäquator, weil er einen 100mal so großen Weg in einer nur 25mal so großen Zeit durchläuft.

§. 130.

Zuweilen bemerkt man auf der Sonnenscheibe eine große Menge Flecken, die durch einen gemeinschaftlichen lichten Nebel zusammenhängen, so wie man innerhalb der dunkeln Flecken und der sie umgebenden Nebel oft vergängliche, helle Lichtadern beobachtet. Merkwürdig sind aber auch noch die sogenannten Sonnenfackeln, d. h. längliche Lichtstellen, die heller glänzen als die übrigen Theile des leuchtenden Sonnenkörpers, und, wenn sie haufenweise beysammen stehen, einem mit kleinen lichten Wolken bestreuten Himmel gleichen.

Die eigentliche Natur der Sonne, ihrer Flecken ꝛc. läßt sich freylich nicht mit Gewißheit bestimmen, sondern nur muthmaßen. Die ehedem gangbare Meinung, nach der die Sonne ein flammendes, hochaufloderndes Feuermeer seyn sollte, ist unstreitig falsch; denn wie könnte sie bey jener Annahme an ihrem Umfange immer scharf begrenzt erscheinen? Auch läßt es sich, abgesehen von dem großen Unterschiede, der zwischen den Wirkungen des Sonnen- und des irdischen oder gemeinen Küchenfeuers Statt findet (durch ein Brennglas wirken nämlich die vereinigten Strahlen der Sonne sehr stark, während das Glas selbst nur langsam und mäßig warm wird; beym Küchenfeuer hingegen wird das Brennglas sehr bald erhitzt, zeigt aber nicht das Geringste von jener Wirkung, welche die Sonnenstrahlen im Brennpuncte desselben hervorbringen), gar nicht denken, daß ein Körper, dem, so viel wir wissen, von keiner Seite her neue Brennmaterialien zugeführt werden, seit Jahrtausenden unauf-

hörlich brenne, ohne sich allmählig zu verzehren. Das Letztere müßte, wenn es Statt fände, durch scharfe mikrometrische Messungen der Sonnenscheibe bemerkt werden, welches aber zeither noch nicht der Fall gewesen ist. Die Sonne muß also ein Körper von ganz eigener Natur seyn, und auf eine ganz andere Art leuchten und erwärmen, als dieß bey leuchtenden und brennenden Körpern auf der Erde geschieht. Die Erklärung, die Herschel hiervon giebt (und wer sollte nicht dem auf die mühsamsten und umsichtigsten Beobachtungen gegründeten Urtheile dieses berühmten Himmelsforschers auch hier einen großen Werth beylegen?), hat ihrer Einfachheit wegen in neuern Zeiten den meisten Beyfall gefunden; daher sie im Wesentlichen hier mitgetheilt werden muß.

Nach jener Erklärung ist also

1) die Sonne ein solider, an sich dunkler, nicht brennender Körper, der mit einem selbst leuchtenden, feinen, elastischen Fluidum — man kann es Photosphäre, oder, wenn man lieber will, Sonnen-Atmosphäre nennen — umgeben ist, dessen Theile, so wie die der Erd-Atmosphäre, in beständiger Bewegung sind, so daß sich hier große Schichten derselben, gleich dicken Wolken, anhäufen, dort feinere und dünnere Lichtmassen nur einen leichten Schleyer über den unterhalb befindlichen Theil der Sonnenoberfläche werfen, während andere Stellen ganz unbedeckt sind, wie die Gegenden auf der Erde, die einen von Wolken und Dünsten entblößten, heitern Himmel genießen.

2) Was wir also von der Erde aus sehen, ist nicht die Sonne selbst, sondern die sie umgebende Photosphäre, durch die nur hin und wieder der wahre Sonnenkörper von Zeit zu Zeit hindurchscheint.

3) Die schwarzen Flecken, die oft mehrere 1000 Meilen im Durchmesser haben, in manchen Jahren sehr häufig, in andern sehr spärlich oder gar nicht gesehen werden, sind nichts anderes als solche freye Stellen, Oeffnungen in den Wolken der Sonne, durch welche wir deren dunkeln Körper erblicken; in der That zeigen sich auch diese

Flecken als wirkliche Einschnitte und Vertiefungen, wenn sie durch die Rotation der Sonne an ihren Rand geführt werden. Der sie umgebende blassere, nebelartige Schatten ist der dünnere Rand der Wolken, Untiefen, durch welche der Sonnenkörper matt durchscheint, so wie wir auf der Erde durch die Ränder einer dicken Wolke schon die Sterne durchschimmern sehen. Die Fackeln endlich sind hoch angehäufte leuchtende Dünste, Erhöhungen, gleichsam Wolkengebirge; daher sie gegen den Rand der Sonne größer und glänzender scheinen, weil wir da diese Massen nicht von oben, sondern von der Seite sehen.

4) Der eigentliche Sonnenkörper hat Unebenheiten, Thäler und Berge von ungeheurer, vielleicht gegen oder über 100 Meilen betragenden Höhe. Dafür sprechen die tiefern und flachern Einschnitte, die die Flecken im Sonnenrande machen, und es läßt sich daraus erklären, warum öfters Flecken an derselben Stelle wieder erscheinen; denn man kann sich diese als Berge vorstellen, die wegen ihrer außerordentlichen Höhe, bey der geringsten Veränderung in der Photosphäre, eher als andere Stellen über die Wolken hervorragen.

5) Nur die Wolken, welche sich in den obersten Gegenden, oder an den äußersten Grenzen der Sonnen-Atmosphäre, die sich wahrscheinlich zu einer Höhe von 5 bis 600 Meilen erstreckt, befinden, sind leuchtender Natur, die untern aber dunkler, wie die unserer Erd-Atmosphäre. Diese dunklern Wolken werden bloß von den obern erleuchtet, haben also ein schwächeres, matteres Licht, oder zeigen sich gegen die glänzendern Lichtwolken nur als Halbschatten. Unzählige kleinere Oeffnungen der Wolken, die vielleicht an sich schon eine wolligte, lockigte Form haben, und mannigfaltige Zusammensetzungen derselben geben der Oberfläche der Sonne das hellmarmorirte, streifigte Ansehen, das man mit guten Fernröhren meistentheils an ihr wahrnimmt.

6) Die untern, dunklern Schichten der Sonnen-Atmosphäre dienen zu einem Vorhange, der die Bewohner der Sonne (denn dem Obigen zufolge können diese gar wohl

als wirklich existirend gedacht werden) vor dem blendenden Glanze der obern Lichtmassen schützt, so daß auf der Oberfläche der Sonne verhältnißmäßig Licht und Wärme vielleicht in nicht höherm Grade vorhanden sind als auf der Oberfläche der Erde. Diese Annahme wird um so wahrscheinlicher, wenn man bedenkt, daß, wie jetzt völlig ausgemacht ist, die nach außen hin sich verbreitenden, namentlich auf die Erde fallenden Sonnenstrahlen nicht an sich selbst warm sind, weil es sonst auf den Gipfeln hoher Gebirge viel wärmer seyn müßte als in den sie umgebenden Thälern. Letzteres ist aber bekanntlich nicht der Fall; vielmehr herrscht auf den höchsten Bergen, selbst in der heißen Zone, deren über die Wolken hervorragende Gipfel den Sonnenstrahlen unmittelbar ausgesetzt sind, eine unerträgliche Kälte. Die Sonne bringt also nur mittelbar, d. h. dadurch Wärme hervor, daß ihre Strahlen mit dem über die Körper verbreiteten oder in ihnen selbst befindlichen Wärmestoff sich verbinden und ihn in Bewegung setzen, wobey folglich auf die größere oder geringere Menge des verbreiteten oder vorhandenen Wärmestoffs (in den untern, also dichtern Schichten der Erdatmosphäre ist er unstreitig mehr angehäuft als in den obern, weit dünnern, wo er endlich ganz abnimmt), aber auch auf die verschiedenen Einfallswinkel, unter welchen ihn die Lichtstrahlen treffen ꝛc., viel ankommt. Hiernach läßt es sich wohl denken, daß, wenn sowohl die untersten Schichten der Sonnen-Atmosphäre, als auch die Oberfläche der Sonne selbst und die darauf befindlichen Körper von der Art sind, daß die von den obersten Theilen der Photosphäre herabkommenden Lichtstrahlen sich nicht leicht chemisch mit ihnen verbinden, Licht und Wärme für die Bewohner der Sonne, deren Natur ohnedieß nicht der unsrigen vollkommen gleich, sondern den Einwirkungen jener beyden Elemente angemessen seyn wird, keinesweges unerträglich sind.

Noch muß hier einer unter dem Namen des Zodiacallichtes (Thierkreis-Lichtes) bekannten Erscheinung gedacht werden. Sie besteht darin, daß man bisweilen, besonders

im Anfange des März Abends, und um die Mitte des Octobers Morgens, zu jener Zeit über dem westlichen, zu dieser über dem östlichen Horizont einen blassen, dem Lichte der Milchstraße ähnlichen Schimmer in Gestalt eines sehr spitzen Dreyecks bemerkt, welches nach der Richtung des Sonnenäquators im Thierkreise liegt und mit seiner äußersten Spitze 90 bis 100° vom Mittelpuncte der Sonne entfernt ist. Schon seit längerer Zeit hielt man es für wahrscheinlich, daß jenes Licht nichts anderes als ein Theil der Sonnenphotosphäre sey, der durch die unter dem Aequator am heftigsten wirkende Schwungkraft der rotirenden Sonne in der Richtung ihres Aequators in den Weltraum hinausgeschleudert werde. Wenn nun aber gleich in neuern Zeiten (durch La Place) erwiesen worden ist, daß die Sonnen-Atmosphäre sich unmöglich bis jenseits der Marsbahn (wie der Abstand von 100° anzeigt), ja nicht einmal bis zur Bahn des Mercurius erstrecken könne; so läßt es sich doch begreifen, daß die Sonnen-Atmosphäre vermögend sey, in der Richtung des Sonnenäquators durch die große Geschwindigkeit ihrer Umdrehung sehr stark auf die im Weltraume vorhandene Lichtmaterie zu wirken, und diese, in der Gestalt jenes lanzenförmigen Scheines, uns sichtbar zu machen.

§. 131.

Da der Mond uns 400mal näher ist als die Sonne (§. 96.), und das sanfte, ruhige Licht, mit welchem er leuchtet, die Betrachtung seiner Oberfläche in dem Maße begünstigt, als die Beobachtung der Sonne, ihres blendenden Glanzes wegen, dem forschenden Beschauer erschwert wird; so müssen unsere teleskopischen Werkzeuge über die physische Beschaffenheit seiner Oberfläche ꝛc. uns weit genauere Aufschlüsse geben, als dieß in Hinsicht der Sonne, und der Wandelsterne überhaupt, der Fall seyn kann. Wirklich hat man auch schon seit langer Zeit Charten von der uns sichtbaren Hälfte der Mondoberfläche entworfen, die eine große Menge der darauf wahrnehmbaren Flecken, Streifen,

Puncte ꝛc. nach ihrer gegenseitigen Lage und Größe darstellen. Die von Tob. Mayer im J. 1775 herausgegebene Mondcharte gehört zu den vorzüglichsten selenographischen Werken; denn man findet darin die Mondflecken nach den sorgfältigsten astronomischen Bestimmungen ihrer Länge und Breite eingetragen. Doch fehlten bis zum Jahre 1790 noch speciellere, oder eigentlich topographische Zeichnungen und Beschreibungen aller einzelnen, mit Hülfe unserer vollkommensten Teleskope sichtbaren Mondflecken ꝛc.; und diese hat der verstorbene Justizrath Schröter in einem bekannten Meisterwerke *) geliefert. Hierin werden an 7000 verschiedene einzelne Gegenstände, die der verdienstvolle Verfasser mit unermüdeter Sorgfalt beobachtet hat, beschrieben, da man bis dahin nur höchstens dritthalb hundert unterschieden und benannt hatte.

Die jetzt allgemein gebräuchlichen Benennungen der Mondflecken sind theils von irdischen Gegenständen, als: Meeren, Seeen, Meerbusen, (mit fingirten Beynamen, als: mare imbrium, Regenmeer; mare serenitatis, Heiterkeitsmeer; sinus iridum, Bay der Regenbogen; sinus roris, Thaubusen; terra pruinae, Reifland ꝛc.), theils und hauptsächlich von berühmten Astronomen, Mathematikern, Physikern und Philosophen (als: Tycho, Kepler, Copernicus, Archimedes, Galilei, Gassendi, Aristoteles, Plato ꝛc.) entlehnt.

Anmerk.

*) Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniß der Mondfläche, 2 Bände mit 75 Kupfert. 4. Göttingen 1791—1802. Treffliche Auszüge aus diesem höchst interessanten Werke giebt Brandes im 3ten Theil der „vornehmsten Lehren der Astronomie“ u. s. w. (s. S. 5. ganz unten) 5. bis 14ter Brief; etwas kürzere Schubert in der popul. Astron. III. Th. §. 63 ff. und Klügel in der Encyklopädie ꝛc. III. Th. §. 81—84.

Die Resultate der neuern Forschungen, Beobachtungen ꝛc., die physische Beschaffenheit der Oberfläche der Sonne, des Mondes und der Planeten betreffend, welche Herschel, Schröter u. A. in besondern Schriften und Abhandlungen bekannt gemacht haben, findet man überhaupt am besten zusammengestellt von Brandes im 3ten

Theile des eben genannten Werkes (der 4te handelt mit gleicher Gründlichkeit von der Natur der Kometen und ihrer Schweife, so wie von den Merkwürdigkeiten der Fixsterne und Fixsternsysteme ꝛc.). Wem es darum zu thun ist, sich eine genauere Kenntniß von jenen Forschungen zu verschaffen, darf die, übrigens eben so faßlich als anziehend geschriebenen astronom. Briefe von Brandes nicht ungelesen lassen. — In der gegenwärtigen Schrift kann von der Naturbeschaffenheit der Wandelsterne und von den darauf sich beziehenden Herschel'schen, Schröter'schen ꝛc. Entdeckungen nur das Wesentlichste kurz berührt werden (vergl. § 2.

§. 132.

Die Mondflecken bestehen, wie jetzt außer Zweifel gesetzt ist, theils aus Bergen und gebirgigen Landschaften, theils aus Abgründen, theils aus ebenen, mehr oder weniger niedrigen, von Hügeln und Hügelreihen ꝛc. durchschnittenen Gegenden. Von dem Daseyn der Berge und Abgründe kann man sich durch folgende Beobachtungen überzeugen: wenn man den Mond, besonders vor und in den Quadraturen, durch ein Fernrohr (schon ein mittelmäßiges ist dazu hinreichend) beobachtet; so sieht man die Lichtgrenze desselben ausgezackt, und nicht weit davon in dem noch unerleuchteten, dunkeln Theile des Mondes flimmernde Lichtpuncte, die an Umfang zunehmen, so wie sich ihnen die Lichtgrenze nähert, und endlich mit dem hellen Theile des Mondes zusammenfließen. Diese Lichtpuncte können nichts anderes als Berge seyn, deren Gipfel von den Sonnenstrahlen erleuchtet sind, während die umherliegenden niedrigen Theile der Mondoberfläche sich noch im Schatten befinden; eben so wie auf unserer Erde die Spitzen hoher Berge zuerst, nach und nach die niedrigen Theile derselben, und endlich die umher befindlichen Thäler und Ebenen von der allmählig höher steigenden Sonne beleuchtet werden. Jeder Erdberg wirft bekanntlich nach der von der Sonne abgewandten Seite einen Schatten, der am Mittage am kürzesten ist, und sich desto mehr verlängert, je tiefer die Sonne, oder je näher sie nach dem Horizonte des Berges zu steht. Eben dasselbe bemerkt man an jenen hellen Lichtpuncten oder den Mondbergen sehr deutlich. Sie sind

von Schatten begleitet, die sich in ihrer größten Länge kurz vor oder nach dem Neumonde zeigen, wo die Sonnenstrahlen sehr schief auffallen; sich verkürzen, je mehr die Erleuchtung des Mondes zunimmt, und endlich im Vollmonde, wo es Mittag auf der Mitte der uns zugekehrten Mond-Halbkugel ist, ganz verschwinden. Die Schatten der Mondberge fallen um das erste Viertel nach der östlichen, um das letzte Viertel nach der westlichen Seite der Mondscheibe hin, gerade so, wie es der jedesmalige Stand der Sonne mitbringt. — Etwas ganz ähnliches beobachtet man an den Stellen des Mondes, die man mit Recht für Einsenkungen oder Vertiefungen (negative Berge, Trichterberge, Crater ꝛc.) hält; denn diese sind, wenn ihnen die Sonne gerade gegenüber steht, ganz erleuchtet; zu andern Zeiten sind sie entweder durchaus dunkel, oder sie haben an der einen oder andern Randseite einen Schatten, der ab- oder zunimmt, je nachdem die Sonne sich ihnen von der östlichen oder westlichen Seite nähert, höher steigt oder tiefer sinkt.

Aus dem Abstande der in der Nachtseite des Mondes liegenden hellen Puncte von der Lichtgrenze kann man das Verhältniß der Erhöhungen dieser Puncte über der Oberfläche des Mondes zu seinem Halbmesser, d. h. die Höhe der Mondberge finden, welches dann, wenn irgend ein Berg in der Nähe des Mittelpuncts der Mondscheibe liegt, folglich zu der Zeit, wo der Mond ungefähr halb erleuchtet ist, am leichtesten geschieht. Aehnliche Messungen kann man, zugleich in Hinsicht der Tiefe der Einsenkungen, vermittelst der Schatten bewerkstelligen. So wie man nämlich auf der Erde aus der Tageszeit, oder aus der bekannten Höhe der Sonne und der Länge des Schattens eines Thurms, eines Berges ꝛc. deren Höhe findet (die Schiffer z. B. bestimmen die Höhe des Pik auf der Insel Teneriffa durch den Schatten, welchen er auf das Meer wirft); so läßt sich die Höhe der Mondberge oder die Tiefe der Mondabgründe aus der Länge der Schatten, die jene Berge und die Ränder dieser Abgründe werfen, und aus der Höhe der Sonne über ihrem Horizont berechnen.

§. 133.

Die Mondgebirge, deren Zahl überaus groß ist, laufen zum Theil in nicht allzubeträchtlicher Höhe und Breite auf große Strecken, ja bis auf 90 Meilen fort; andere sind in rauhen Haufen zusammengekettet; hier und da ragen sie jedoch auch einzeln über eine Ebene empor. Am häufigsten und merkwürdigsten sind die sogenannten Wall- oder Ringgebirge, mit denen die hellern Gegenden der Mondfläche, besonders in dem südlichen Theile, welcher damit gleichsam übersäet ist, besetzt sind, so daß sie ihm ein wellenförmiges, marmorirtes Ansehen geben. Man versteht darunter kreisrunde, gleich einem Wall aufgeworfene Berge, die zuweilen Ebenen oder wenig ungleiche Flächen, öfters aber in einer tiefen Einsenkung wirkliche Crater einschließen. Die Wälle halten 10 bis zu 30 geogr. Meilen im Durchmesser, mehrere aber sind viel kleiner, bisweilen nur etwa 2000 Fuß weit; diejenigen von ihnen, deren innerer Raum craterförmig vertieft ist, sind in ihrem ganzen Umfange von gleicher Höhe und allgemein weit niedriger als die übrigen Berge; sie haben eine sehr breite Basis, und nach außen einen sehr sanften Abhang. Häufig erhebt sich auch aus der Mitte einer Ringfläche ein Berg, zuweilen mehrere, nicht selten von beträchtlicher Höhe. — Einige Einsenkungen sind mäßig, z. B. 200 oder 300 Klafter (zu 6 Par. Fuß); andere sind 1000 Klafter und darüber tief, ja bey einigen darf man auf eine Tiefe von 2 bis 3000 Kl. schließen. Vorzüglich merkwürdig ist eine ungeheure, an ihrem äußersten Rande ovale Kluft auf dem südlichen Theile des Mondes, welche gegen 25 Meilen lang und 6 M. breit ist, und sich wenigstens so tief hinabsenkt, daß der höchste Berg unserer Erde, der Chimborasso in America (er ist 19320 F. über der Meeresfläche erhaben) darin stehen könnte, ohne über die Einfassung derselben hervorzuragen. — Auch die Berge des Mondes sind zum Theil viel höher als die unsrigen. Die von 10000 Fuß Höhe gehören nur zur Mittelgattung; viele sind um $\frac{1}{3}$ höher als die höchsten Berge der Erde, und im

Verhältniß der Durchmesser beyder Weltkörper 5mal so hoch. Unter den, im Ganzen nur mäßig hohen, Ringgebirgen zeichnet sich dasjenige, welches den Namen Tycho führt (im südlichen Theile des Mondes, nicht allzu weit vom Rande) vorzüglich aus; seine Höhe beträgt auf der Ostseite gegen 10300 Fuß.

Schröter hat durch sinnreiche Versuche gefunden, daß der Raum, welchen der Crater eines Ringgebirgs umschließt, dem gleich ist, welchen die ganze Masse des den Abgrund umgebenden Walles einnimmt. Diese genaue Uebereinstimmung wäre unbegreiflich, wenn die Crater durch Einsenkung entstanden wären, weil sie in diesem Falle mit den umher aufgeschichteten Bergringen in gar keiner Verbindung stänben, folglich 5, 10 oder 20mal ꝛc. größer oder kleiner seyn könnten als diese; sie läßt sich aber durch die sehr natürliche und ungezwungene Annahme völlig befriedigend erklären, daß jene ungeheuren Wälle aus dem Crater aufgeworfen worden und mit ihm selbst zugleich durch eine von innen nach außen wirkende Kraft oder Eruption entstanden sind. Ueberhaupt sind auf der Mondoberfläche mannigfaltige Spuren vulcanischer Ausbrüche nicht zu verkennen, und noch jetzt scheinen Revolutionen auf derselben vorzugehen, die unsern Erdbeben und vulcanischen Wirkungen ähnlich, aber weit bedeutender sind. Die neuern Musterungen haben bewiesen, daß sich in manchen Gegenden des Mondes sehr kenntliche Trichter- und Ringgebirge befinden, von denen auf ältern Charten und Zeichnungen (z. B. auf denen von Hevel, Riccioli und Cassini) nichts zu sehen ist, obgleich hier weit geringere Wallgebirge ꝛc., die in der Nähe liegen, angemerkt sind u. s. w.

§. 134.

Die grauen Flächen des Mondes, die zum Theil von sehr großer Ausdehnung sind (das Heiterkeitsmeer z. B. hält gegen 7000 Quadratmeilen, ist also ziemlich so groß als ganz Spanien) hält Schröter für Ebenen, die

durch größere Fruchtbarkeit vor den übrigen Gegenden ausgezeichnet und mit mannigfaltigen Producten (vielleicht, um vergleichungsweise zu reden, mit Wiesen, angebauten Aeckern, Holzungen ꝛc.) besetzt sind. Meere, wie man sie noch jetzt nach der sonst gangbar gewesenen Meinung nennt, oder große Wassersammlungen können sie nicht seyn, theils weil sich überall in diesen Gegenden Trichtergebirge und tiefe Crater finden, die, wie sich aus dem Schatten beurtheilen läßt, nicht bis zur Höhe jener Flächen mit Wasser gefüllt sind, sondern dem stark bewaffneten Auge ihren freyen Boden in sehr ansehnlicher Tiefe zeigen, — theils weil man dort viele Unebenheiten und lange Reihen sich durchkreuzender Bergdämme und Hügelketten beobachtet. Diese werfen dicht an der Lichtgränze einen deutlich bemerkbaren Schatten, der überhaupt da, wo er auf jenen Ebenen gesehen wird, viel schärfer begrenzt ist, als er es auf einer Wasserfläche seyn könnte. Auch erscheinen die grauen Flächen an der Lichtgrenze ausgezackt und einzelne Theile derselben schon erleuchtet, wenn die eigentliche Nachtgrenze noch etliche Meilen von ihnen entfernt ist, — welches alles mit der Annahme wasserähnlicher Flächen im Widerspruche steht. Gleichwohl mag es flüssige Materien auf dem Monde geben, ohne die wir uns wenigstens kein Wachsthum und keine Ernährung organisirter Geschöpfe denken können; nur müssen sie weit feiner seyn als das Wasser auf der Erde, weil wir sonst eine von aufsteigenden Dünsten, Wolken ꝛc. getrübte Atmosphäre um den Mond bemerken müßten. Dieß ist aber nicht der Fall; denn die Mondfläche zeigt sich immer mit gleicher Deutlichkeit und Heiterkeit, wenn unsere Atmosphäre rein ist. Indeß dürfen wir auch dem Monde, wie man wirklich aus einigen Erscheinungen zu schließen berechtigt ist, einen Luftkreis nicht absprechen, nur daß er viel reiner und ungemischter als der irdische seyn wird. Aber eben die Dünne und Feinheit der Atmosphäre des Mondes macht diesen Begleiter der Erde zur Erleuchtung unserer Nächte um so viel geschickter.

Geschöpfe, wie auf der Erde, werden dem Bisherigen

zufolge, freilich im Monde nicht leben können; aber es läßt sich denken, daß, so wie die Mondoberfläche durch mannigfaltige Eigenheiten von der unsers Erdkörpers unterschieden ist, dieß auch in Ansehung ihrer Bewohner (Seleniten) der Fall seyn wird. Die Natur ist nicht so arm, daß sie sich auf jedem Weltkörper wiederholen müßte. Schröter bringt sogar Beobachtungen bey, die auf Kunsterzeugnisse lebender Wesen im Monde hinzudeuten scheinen.

§. 135.

Im Allgemeinen zeigt uns der Mond immer einerley Flecken, und wendet daher der Erde beständig eine und dieselbe Seite zu (vergl. §. 68.); woraus folgt: daß er sich während seines periodischen Umlaufs um die Erde (§. 72.) einmal um seine Axe dreht. Ruhete der Mond und liefe die Erde um ihn, so würden wir in der Zeit eines Monats dieselben Erscheinungen seiner Bewegung wahrnehmen, die wir wirklich beobachten; in diesem Falle würden wir offenbar in der genannten Periode den Mond von allen Seiten sehen, wenn er nicht rotirte. Da wir aber beständig dieselbe Seite sehen; so folgt, daß der Mond wirklich in eben der Zeit, da die Erde um ihn, oder er um die Erde läuft, sich um eine Axe dreht, so wie Jemand, der uns etwas auf seinem Rücken verbergen will (wie der Mond seine hintere Seite), sich nothwendig, wenn wir um Kreise um ihn herum gehen, in eben der Zeit umdrehen muß.

Indessen bemerkt man doch bey genauerer Beobachtung kleine periodische Veränderungen in der Lage der Mondflecken gegen den Mittelpunct des Mondes. Die nahe am Rande liegenden Flecken verschwinden und erscheinen wechselsweise, und die in der Nähe des Mittelpuncts liegenden stehen bald auf dieser, bald auf jener Seite desselben. Die letztern Bewegungen sind größer als die erstern; man findet aber, daß dieser Unterschied allein von der schiefen Richtung der Bewe-

gung am Rande gegen das Auge des Beobachters herrührt, und daß, vom Mittelpuncte des Mondes aus gesehen, die Bewegungen der Flecken gleich groß erscheinen, mithin ihre gegenseitige Lage sich nicht verändert. Jene periodischen Veränderungen nennt man das Schwanken oder die Libration des Mondes, und zwar diejenige, welche am östlichen und westlichen Rande Statt findet, die Libration in die Länge, die darauf senkrechte aber, also von Süden nach Norden, oder umgekehrt gerichtete die Libration in die Breite. Jene entsteht aus dem ungleichförmigen Laufe des Mondes in seiner elliptischen Bahn (§. 75.); diese aus der schrägen Lage der Mondbahn gegen die Sonnen- oder Erdbahn, und aus der Neigung der Umdrehungsaxe des Mondes gegen die Ekliptik, welche 88° 31′ (also die Neigung seines Aequators 1° 29′) beträgt. Außerdem giebt es noch eine tägliche Schwankung der Mondkugel, welche in dem täglichen scheinbaren Umlaufe des Mondes um die Erde und dem dadurch verursachten Aufgehen, Steigen und Untergehen, kurz in der Parallaxe des Mondes ihren Grund hat. Alle diese Librationen sind nur scheinbar; indeß giebt es auch eine wirkliche, obgleich nur geringe Mondschwankung, welche, wie die physische Astronomie zeigt, von der auf den wahrscheinlich nicht vollkommnen kugelförmigen, wenigstens nicht gleich dichten Mondkörper wirkenden Attractionskraft der Erde herrührt.

§. 136.

Der merkwürdige Umstand, daß der Mond in eben der Zeit, in welcher er einmal um die Erde läuft, sich um seine Axe dreht, bringt auf ihm selbst folgende, einer kurzen Erwähnung nicht unwerthe Erscheinungen hervor: Vermöge der Rotation gehen nämlich Sonne, Planeten und Sterne auf dem Monde täglich auf und unter; ein Mondentag dauert aber 27mal so lang, als ein Erdentag, oder er ist = 27 . 24 Stunden. Die Erde hingegen scheint den Seleniten unbe-

weglich am Himmel zu stehen. Die Bewohner der Mitte der hintern Hälfte haben vom letzten bis zum ersten Mondesviertel Tag, zur Zeit des Neumondes Mittag, zur Zeit des Vollmondes Mitternacht. Auf dieser ganzen Hälfte aber sieht man die Erde niemals, und stellt vielleicht Wallfahrten an, um diesen großen Weltkörper einmal zu sehen, so wie die nahe am Rande wohnenden nur wenige Meilen reisen dürfen, um diesen prachtvollen Anblick zu genießen, und den hellen Tag mit der schönsten, durch den Erdenschein erleuchteten Nacht zu vertauschen. Die Bewohner der Mitte der vordern Hälfte haben vom ersten bis letzten Viertel die Sonne über dem Horizont, im Vollmonde Mittag, im Neumonde Mitternacht; die Erde, die ihnen gegen 14mal größer als die Sonne (oder als der Vollmond uns, nach §. 95.) scheint, sehen sie beständig um das Zenith hin und her schwanken. Die am Rande der vordern Hälfte haben die Erde beständig im Horizont, und die verschiedenen Librationen des Mondes (§. 135.) verursachen, daß die Erdscheibe theils hin- und herschwankt, theils bald emporhüpft, bald sich unter dem Horizont verbirgt.

Von der Wirklichkeit dieser Erscheinungen, mit Ausnahme eines Theils derer, die durch die Libration in die Länge bewirkt werden, kann man sich vermittelst des Lunarii (§. 67. und 80.) sinnlich überzeugen, wenn man die verschiedenen, so eben erwähnten Stellen der Mondkugel l (Fig. 15. a und b.) durch senkrecht auf deren Oberfläche eingesteckte Stiftchen bezeichnet.

§. 137.

An den Planeten ☿, ♀, ♂, 4 und ♄ bemerkt man ebenfalls durch gute Teleskope Streifen, Flecken u. s. w., aus deren sorgfältigen Beobachtung man eine von Abend nach Morgen gerichtete Axendrehung jener Weltkörper mit Zuverläßigkeit erkannt und auf folgende Weise bestimmt hat:

	Zeit der Rotation.	Neigung der Axe gegen die Bahn.	Beobachter.
☿	24 St. 0′ 50″	etwa 70°	Schröter.
♀	23 21 8	— 72°	Derselbe.
♂	24 39 21	— 61°	Herschel.
⚴	9 55 50	— 88°	Schröter.
♄	10 16	— 60°	Herschel.

An dem ☉ hat man seiner großen Entfernung, und an den 4 neuen Planeten ihrer Kleinheit wegen bis jetzt noch keine Rotation entdecken können; indeß wird sie so gut wie bey den übrigen Planeten Statt finden. Man begreift übrigens von selbst, daß die Axendrehung der Planeten ein offenbarer Beweis ihrer kugelförmigen Gestalt ist. — Eben so leicht sieht man ein, daß durch die mit der vollkommensten Gleichförmigkeit fortgehende Rotation eine mit der Periode derselben übereinstimmende scheinbare Umdrehung der Himmelssphäre, oder ein tägliches Auf- und Untergehen der Gestirne auf den Planeten bewirkt wird, welches in Hinsicht der Sonne einen täglichen Wechsel von Tag und Nacht (er wird also auf dem ☿, der ♀ und dem ♂ beynahe in gleicher Zeit wie auf der Erde, auf dem ⚴ und ♄ in dem kurzen Zeitraume von 9 bis 10 St. vollbracht) zur Folge hat. Aus der schrägen Lage der Umdrehungsaxe aber, so wie aus dem durch Beobachtungen hinlänglich bestätigten Umstande, daß diese Axe bey den genannten Weltkörpern während ihres siderischen Umlaufs um die Sonne sich beständig selbst parallel bleibt (oder daß, wie es bereits oben in §. 120. und 122. vom ♄, und in §. 128. von der Sonne erklärt worden ist, die erweiterte Fläche ihres Aequators immer durch dieselben Stellen des Thierkreises geht), folgt nothwendig, daß während der Zeit eines Jahres (sie dauert z. B. auf dem ☿ 88 unserer Tage, auf dem ♂ fast 2 unserer Jahre; §. 106. und 110.) einmal die nördliche, dann die südliche Halbkugel der Planeten gegen die Sonne gekehrt ist, daß also ein regelmäßiger Wechsel der Jahreszeiten und eine periodisch wiederkehrende Verschiedenheit in der Länge und Dauer der Tage und Nächte

auf ihnen Statt findet. Auch hiervon kann man sich durch den Augenschein überzeugen, wenn man z. B. den ♄ an der im §. 122. beschriebenen Vorrichtung unter der gehörigen Neigung und Richtung seiner Axe um die Lichtflamme herumführt, und ihn zugleich auf jeder folgenden Stelle seiner Bahn um seine Axe dreht

Das außerordentliche Kreisgewölbe, welches die beyden Ringe des ♄ bilden, kann nur durch den gegenseitigen Druck der Theile, woraus sie bestehen, zusammengehalten werden, wie dieß z. B. bey einem steinernen Brückenbogen der Fall ist. Allein da der Halbmesser jenes Gewölbes so ungeheuer groß ist; so wird noch ein Mittel angewandt seyn müssen, um das Gewicht desselben gegen den ♄ zu verringern und das Zusammenstürzen der Ringe zu verhindern, nämlich der Umschwung in der gemeinschaftlichen Fläche der Ringe. Denn dadurch erhalten nicht nur die Theile der Ringe ein Bestreben, sich von dem Mittelpuncte des Planeten zu entfernen, wodurch ihre Schwere oder ihr Druck gegen den ♄ vermindert wird; sondern es wird auch bewirkt, daß die Ringe nicht zur Seite schwanken können. In der That hat auch Herschel durch die Bewegung einiger Flecken eine Umdrehung des äußern Ringes wahrgenommen, und die Periode derselben auf 10 St. 32′ 15″ gesetzt. *) Die Umlaufszeit des innern Ringes hat er nicht mit Sicherheit bestimmen können; sie ist aber vermuthlich größer als jene, weil die Schwere gegen den ♄ durch die Schwere gegen den äußern Ring vermindert wird.

Anmerk.

*) Schröter glaubt zwar aus seinen Beobachtungen folgern zu müssen, daß der Ring keine Rotation habe, oder vielmehr, daß sich dieser, weil er sich stets selbst parallel bleibt, während des 30jährigen Umlaufs des ♄ um die ☉ einmal um seine Axe drehe; allein jener Schluß streitet gegen die ausgemachtesten Gesetze der Physik (gegen das Gesetz der allgemeinen Schwere, wie der tiefsinnige La Place in der Connoiss. d. T. für d. J. 1811. gründlich bewiesen hat), und beruhet wahrscheinlich auf einer bloßen optischen Täuschung, worüber man die Brandes'schen Briefe III. Th. S. 334. ff. nachlesen mag.

§. 138.

Genauen Messungen zufolge haben mehrere Planeten eine an ihren Polen abgeplattete Gestalt, d. h. ihr Polardurchmesser oder ihre Rotationsaxe ist kleiner als der Durchmesser ihres Aequators. Das ungefähre Verhältniß beyder Durchmesser ist bey dem ♂ wie 15 : 16, beym ♃ wie 11 : 12, beym ♄ wie 10 : 11, beym ☉ etwa eben so. — Es läßt sich denken, daß eine solche, obgleich für uns nicht immer meßbare Abweichung von der Kugelgestalt bey allen Weltkörpern, die sich um eine Axe drehen, Statt findet; denn bey ihrer ersten Bildung mußte in der Gegend ihres sphärischen Körpers, wo der Umschwung am heftigsten ist, d. h. unter dem Aequator die noch lockere Materie sich weiter von der Axe entfernen, als dieß nach den Polen hin und unter denselben der Fall seyn konnte. Umgekehrt muß man aus der Abplattung eines Himmelskörpers (also auch namentlich aus der des ☉) auf die Umdrehung um eine Axe schließen.

§. 139.

An den sämmtlichen Trabanten des ♃, und an einigen des ♄ (die übrigen, so wie die Monde des ☉ sind zu ähnlichen Beobachtungen zu lichtschwach und zu entfernt) haben Herschel und Schröter eine periodische Veränderlichkeit ihres Glanzes wahrgenommen, die sich nur durch die Annahme befriedigend erklären läßt, daß sie, gleich unserm Monde, beträchtliche Flecken haben und ihrem Planeten während ihres Umlaufs um denselben beständig eine und dieselbe Seite zukehren, folglich auch uns, je nachdem sie ihre mehr oder weniger glänzende Hemisphäre der Erde zuwenden, bald in stärkerm, bald in schwächerm Lichte erscheinen. Jene Trabanten sind also hierin unserm Monde ähnlich (§. 135.), und wir sind vollkommen berechtigt, dasjenige, was die Erfahrung in allen übrigen Fällen, wo sie befragt werden kann, ohne Widerspruch aussagt, für ein allgemeines Naturgesetz anzunehmen, nämlich: daß alle

Trabanten ihrem Hauptplaneten immer dieſelbe Seite zukehren, und in einer Zeit, die der Periode ihres Umlaufs gleich iſt, ſich um ihre Axe drehen.

§. 140.

Aus den Flecken und Streifen ꝛc. der Planeten, aus den Veränderungen, die damit vorgehen, und aus verſchiedenen andern Erſcheinungen iſt zu erſehen, daß jene Körper, ja ſelbſt ihre Satelliten und der Ring des ♄ mit mehr oder weniger dichten und hohen Atmoſphären umgeben ſind, und daß Berge und Gebirgsreihen mit ebenen Gegenden auf ihren Oberflächen abwechſeln *). Sie haben alſo im Allgemeinen mit unſerer Erde eine große Aehnlichkeit; und deshalb iſt, zumal wenn wir ihre wirkliche Größe erwägen (ſ. unten das VIII. Capitel), kaum daran zu zweifeln, daß ſie mit organiſirten und lebendigen Geſchöpfen bevölkert ſeyn werden. Gleichwohl blicken bey aller dieſer Aehnlichkeit ſo viele Eigenheiten, ſo mannigfaltige Abweichungen von der phyſiſchen Beſchaffenheit unſers irdiſchen Wohnplatzes hervor, daß wir eine große Verſchiedenheit in der Natur jener Geſchöpfe für eben ſo gewiß halten müſſen. In dieſe Geheimniſſe tiefer einzudringen iſt uns auf der gegenwärtigen Stufe unſers Daſeyns nicht vergönnt; ſelbſt der durch die vollkommenſten Fernröhre geſchärfte Blick dient mehr, unſern Durſt nach näherer Kenntniß jener uns verwandten Weltbürger und ihrer Wohnplätze zu reizen, als zu löſchen, und erregt in dem denkenden und gefühlvollen Beobachter den ſehnſuchtsvollen Wunſch und die Hoffnung, zu dieſer anſchauenden Kenntniß einſt zu gelangen.

Anmerk.

*) In den Schröter'ſchen Werken: 1) Beyträge zu den neueſten aſtron. Entdeckungen, 3 Bände. Berl. 1788—1800. 8.; 2) Hermographiſche Fragmente, zur genauern Kenntniß des Planeten Mercurius, I. Theil, im 3. Bd. der ebengenannten Beyträge befindlich, II. Th., beſonders herausgegeben, nebſt Beob-

achtungen des Planeten Vesta. Gött. 1816. 8.; 3) Aphroditographische Fragmente, zur genauern Kenntniß des Planeten Venus. Helmst. 1796. 4.; (die Areographischen Fragmente, z. g. K. d. Plan. Mars, welche schon im Berl. Jahrb. für 1811. S. 258. angekündigt wurden, sind bis jetzt noch nicht im Drucke erschienen; vgl. Berl. Jahrb. f. 1817. S. 252.); 4) Lilienthalische Beobachtungen der neuentdeckten Planeten ☿, ♀ und ♅. Gött. 1805. 8.; 5) Kronographische Fragmente, z. g. K. d. Plan. Saturnus, seines Ringes u. s. Trabanten I. Th. Gött. 1808. 8. (der II. Theil ist, laut Hermograph. Fragm. II. Th. S. 255., beym Brande von Lilienthal in dem schrecklichen Jahre 1813. ein Raub der Flammen geworden) — und in den Herschel'schen, zum Theil in den Philosophical Transactions of the royal Society of London, auszugsweise auch in mehrern Bänden der Berl. astr. Jahrb. enthaltenen Abhandlungen findet man über das, was in obigen §§. 136. bis 139. nur kurz berührt worden ist, die ausführlichsten, von Brandes trefflich zusammengestellten Belehrungen.

§. 141.

Die 4 neuen Planeten unterscheiden sich nicht nur durch ihre außerordentliche Kleinheit, sondern noch wesentlicher durch die auffallende Veränderlichkeit der Stärke und Farbe ihres Lichts (Ceres z. B. zeigt sich bald in einem röthlichen, bald in weißem, bald in bläulichem Lichte), und durch die ungeheuren, ebenfalls den größten Veränderungen ausgesetzten Atmosphären, in die sie, gleich den Kometen, wie in einen Nebel eingehüllt sind, so daß man sie, zumal wenn man die ungewöhnlich großen Neigungen ihrer Bahnen (§. 111.) hinzunimmt, gleichsam als Mittelglieder ansehen kann, durch welche die Kette der Planeten mit der der Kometen verbunden wird.

Von der Natur der Kometen, der Beschaffenheit ihrer Atmosphäre, der Entstehung ihrer Schweife ꝛc. wissen wir nichts zuverläßiges, und müssen uns mit Vermuthungen begnügen, die vielleicht nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden erst ihre völlige Bestätigung oder Widerlegung finden werden. An diesen Himmelskörpern muß man eigentlich dreyerley unterscheiden: den Kern, die diesen umgebende Dunsthülle, und den Schweif.

1) Der Kern ist der dichteste Theil der Kometen, aber schwerlich von einer so soliden Masse, wie die der Planeten ist. Nur sehr selten zeigt er sich vollkommen scheibenartig; meistentheils aber ist er so wenig scharf begrenzt, daß man seine wahre Größe nur unsicher bestimmen kann. Den Kern des Kometen von 1799 fand Schröter im Durchmesser = 373 geogr. Meilen, des von 1807 = 1000 M., und des zweyten von 1811 Herschel = 570 Meilen. An den allermeisten Kometen aber ist er viel kleiner; an dem zweyten z. B. von 1798 fand man ihn nur etwa = 27 Meilen, an dem von 1805 ungeachtet seiner großen Nähe nur = 30 M., und selbst an dem überaus schönen und großen Kometen von 1811 nur = 93 Meilen. Viele andere Kometen hatten gar keinen Kern, sondern glichen einem verdichteten Dunste; ja auch dieser war bey verschiedenen so dünn, daß man durch ihren Mittelpunct, oder wenigstens nahe bey demselben Fixsterne hindurchschimmern sah. Auffallend aber ist der Umstand, daß sich fast alle Kometenkerne nur in einem matten Glanze zeigen, ob es gleich nicht unwahrscheinlich ist, daß sie selbst eine Art eigenen Lichtes haben. Das letztere scheint nämlich daraus zu folgen, daß man niemals Phasen an den Kometen bemerkt, und daß überhaupt ihre hintere, oder von der Sonne abgewandte Seite nicht merklich dunkler als die vordere erscheint *).

Ob auch die Kometen rotiren — darüber hat sich wenigstens bis jetzt aus den Beobachtungen nichts bestimmen lassen.

2) Der Kern ist von allen Seiten mit einem leuchtenden Nebel umgeben, dessen unterste, zunächst um jenen herumliegende Schichten am dichtesten sind und die eigentliche Atmosphäre der Kometen zu bilden scheinen; denn nur durch eine wirkliche, abwechselnden Verdichtungen und Aufheiterungen unterworfene Dunstkugel läßt es sich erklären, warum die Grenzen des Kerns größtentheils so unkenntlich sind, und warum er bald heller, bald trüber erscheint. Nun erst folgt ein dünnerer Lichtnebel, der sich in immer matterm Scheine verliert, und, so weit er sich deutlich unterscheiden läßt,

überhaupt der Kopf des Kometen genannt wird. Diese ganze Dunstmasse ist, so wie der eingeschlossene Kern, von sehr veränderlicher Größe, immer aber von überaus beträchtlicher Ausdehnung, indem ihr Durchmesser den des Kerns oft über 100⁄, ja 1000mal übertrifft, so daß er bey dem Kometen von 1811 gegen 30000, bey dem von 1799 gegen 40000, und bey dem von 1807 wohl gegen 60000 Meilen betrug. Daß wenigstens die dünnere Atmosphäre der Kometen, so wie ihr Schweif, selbstleuchtend sey, ist darum sehr glaublich, weil ein so feines Fluidum, durch welches man die kleinsten Fixsterne nur wenig geschwächt wahrnimmt, durch bloße Reflexion des Sonnenlichts sicherlich nicht so hell erscheinen könnte. Gleichwohl mögen die Kometen einen Theil ihres Lichts der Sonne verdanken (s. die Anmerk. zu diesem §.), oder wenigstens doch von Zeit zu Zeit bedürfen, an dieser allgemeinen Quelle des Lichts und der Wärme sich zu stärken und zu erholen, wenn vielleicht ihre Dunst- und Lichthüllen in den entfernten Theilen ihrer ungeheuer ausgedehnten Bahnen an Substanz oder an Wirksamkeit verloren haben. Nach der individuellen Beschaffenheit jedes Kometen nähert sich der eine mehr, der andere weniger der allbelebenden Sonne; vielleicht mag auch mancher durch diese Annäherung eine Selbstständigkeit erhalten, die ihn fähig macht, seine große Reise bis an die Grenzen des Sonnengebiets anzutreten, wo nicht gar über diese hinauszuschweifen (s. §. 173.). Haben auch die Kometen ihre Bewohner — und wer möchte glauben, daß diese in so großer Anzahl vorhandenen, die Sonne nach allen Richtungen umschwärmenden und die großen Räume, welche die Planeten übrig lassen, mit ihren Bahnen ausfüllenden Körper durch die Weisheit des erhabenen Welten-Urhebers nicht eine gleiche, oder ähnliche Bestimmung wie die Erde und die Planeten erhalten hätten? —, welche neue Mannigfaltigkeit der körperlichen und geistigen Natur wird bey ihnen Statt finden (vergl. §. 140.)! Doch selbst die lebhafteste Phantasie ist zu schwach, der wundervoll verschlungenen Kette der Wesen nachzuspüren!

Anmerk.

*) Olbers findet es jedoch, besonders des Umstandes wegen, weil der Glanz der Kometen in einem zu auffallenden Verhältnisse gegen ihre Entfernung von der Sonne und gegen die Abnahme ihres scheinbaren Durchmessers sich vermindert, wahrscheinlicher, daß die Kometen mehr durch reflectirtes Sonnenlicht, wie die Planeten, als durch eigenes Licht sichtbar sind. S. dessen Bemerkungen „über das Licht der Kometen" im Berl. astr. Jahrb. f. 1819. S. 190—201. Sollte nicht aber vielleicht jene starke Abnahme des Lichts der Kometen sich daraus erklären lassen, daß in dem Grade, als sich der Komet von der Sonne entfernt, die Wirkung der Sonnenstrahlen auf den ihm eigenthümlichen Lichtstoff schwächer wird?

§. 142.

Was 3) die Schweife betrifft, so hängen sie entweder mit dem Kopfe des Kometen zusammen, oder sind von ihm abgesondert. Das letztere fand bey dem herrlichen Kometen von 1811 Sttat [1]); denn der mit einem lichten, kugelförmigen Nebel umgebene Kern desselben schwebte ganz frey in einer größern, durch einen dunklern Zwischenraum von ihm getrennten, glänzenden Hülle, die an der Sonnenseite den Kern in Gestalt eines Halbkreises umgab, und sich dann, fast in gerader Richtung von beyden Seiten fortgehend, zu einem doppelten, überaus langen Schweife ausdehnte. Nach der eben so sinnreichen, als natürlichen Erklärung des D. Olbers [2]) waren Hülle und Schweif nicht etwa ein schmaler, den Kometen reifenartig umschließender Streifen (wie hätte er sich in diesem Falle bey sehr verschiedenen Stellungen gegen unser Auge immer in gleicher Gestalt zeigen können?), sondern ein hohler, kegelartiger Körper (gleichsam ein konisch ausgebreiteter Lichtmantel), in dessen Höhlung der Komet frey schwebte. Die längste Ausdehnung dieser Schweifhülle betrug gegen 22 Mill. Meilen. Eine ähnliche Beschaffenheit hatten, den uns zugekommenen Beschreibungen zufolge, die großen Kometen von 1618 (dessen Schweif sich über 70° am Himmel hin erstreckte), von 1680 (mit einem noch 5° längern Schweifmantel), von 1744 (dessen zuletzt, wegen eines wahrscheinlich dreyfachen Licht-

mantels, sechsfächerig erscheinender Schweif eine Länge von wenigstens 30° hatte), und von 1769 (mit einer über 40° langen Schweifhülle) [3]). Die wahre Länge der Schweife betrug oft, so wie bey der nun zu erwähnenden Classe der Kometen, an 5, 10, 20, 40 und noch mehrere Mill. Meilen; bey mehrern andern K. war sie beträchtlich geringer. Ob uns ein Schweif groß oder klein erscheint, hängt indeß nicht bloß von seiner wahren Länge, sondern auch von seiner Lage gegen unser Auge ab. Alle Kometenschweife aber haben zweyerley mit einander gemein: a) daß sie sich allemal an der von der Sonne abgekehrten Seite befinden, aber eine etwas nach hinten zu gebogene Gestalt haben; b) daß die erhabene oder convexe, im Weltraume immer vorangehende Seite des Schweifs jedesmal glänzender und schärfer abgegrenzt ist, als die hohle oder hintere Seite, welche, gleichsam zerfließend, sich undeutlich begrenzt und verwaschen zeigt.

Bey den allermeisten Kometen (sie machen, in Hinsicht der Schweife, eine 2te Classe aus) hängt der Schweif mit dem Kopfe zusammen; sie haben folglich das Ansehen eines hellen, mit nebligem Glanze umgebenen Sterns, dessen Lichtnebel sich nach der einen Seite hin weit ausdehnt, bis er sich nach und nach immer matter verliert. Doch hat man auch Kometen gesehen, an denen kein eigentlicher Schweif zu bemerken war (man kann diese 3te Classe schweiflose, oder ungeschweifte K. nennen), oder deren Nebelhülle sich nach allen Richtungen hin gleich weit ausbreitete.

Ob die Schweife bloß durch Entwickelung aus der Dunstmasse der Kometen entstehen, oder ob sie zugleich anders woher neue Stoffe an sich ziehen; ob die Schweiftheilchen durch eine abstoßende Kraft der Sonne hinterhalb des Kometen in den Weltraum hinausgetrieben werden; ob nicht vielleicht der Kometenkörper selbst eine abstoßende Kraft gegen die Schweifmaterie habe, und ob sich nicht daraus, daß er diese nach allen Seiten hin auf gleiche Weise von seiner Oberfläche entfernt, so wie aus der überwiegenden Abstoßungskraft der Sonne, welche die gegen sie hin aufstei-

genden Theilchen wieder zurückdrängt, jener prächtige Lichtmantel um den großen Kometen von 1811 ꝛc. erklären lasse; — — diese und ähnliche Fragen müssen hier unerörtert bleiben [4]).

Anmerk.

1) Schröter's Beobachtungen und Bemerk. über den großen Kometen von 1811., 21 Bogen in 8. mit 4 Kupfrt. Gött. 1815.

2) Brandes hat sie faßlich dargestellt im IV. Th. s. Werks, S. 84. ff.

3) Die schätzbarsten Nachrichten von ehemals erschienenen Kometen findet man gesammelt in *Pingré*, Cométographie, ou Traité historique et théorique des Comètes. Paris 1784. 2 Vol. 4. Viel Unsicheres, Fabelhaftes, mit den frühern, furchtbaren Vorstellungen von der Natur und der Vorbedeutung der K. Uebereinstimmendes dagegen enthalten, neben manchem Interessanten und Brauchbaren: *Stanisl.* de *Lubinietz* Theatrum cometicum. Amstelod. 1667. Fol.; *Riccioli* Almagestum nov. Tom. I. Lib. 8. Bonon. 1651.; und *Jo. Hevelii* Cometographia. Gedani 1668.

4) Auch hiervon handelt Brandes im angef. IV. Theile seiner Briefe, so weit sich eine so schwierige Materie ohne mathematische Demonstrationen populär darstellen läßt. Für Kenner der Mathematik aber gehören dessen Untersuchungen über die Theorie der Kometenschweife in der Monatl. Corresp. ꝛc. Dec. 1812. S. 533 ff., so wie die Aufsätze von Olbers über denselben Gegenstand in einigen vorhergehenden Bänden der genannten astron. Zeitschrift.

Wer übrigens das verdienstliche Geschäft des Kometensuchens mit Glück betreiben will, folge der von dem unvergleichlichen Olbers im Berl. astr. Jahrb. f. 1809. S. 240 ff. gegebenen, und von Brandes a. a. O. 35. Brief, S. 18 ff. benutzten Anleitung.

II. Capitel.

Auch die Erde dreht sich um ihre Axe.

§. 143.

Wir haben bisher so manche Vorstellung, die sich uns anfänglich als richtig darbot, irrig befunden, durch Vergleichung mehrerer Wahrnehmungen und genauerer Beobachtungen verbessert und oft als eine bloße Täuschung der Sinne gänzlich verworfen. Wir wollen nur an Einiges erinnern. Die Erde ist keine ebene Fläche, auf deren Umkreise der Himmel ruht (§. 1.), sondern ein kugelförmiger, im Himmelsraume freyschwebender Körper (§. 4. 18. 44.); der Himmel kein sphärisches, oder abgeplattetes, blaues ꝛc. Gewölbe (§. 1. 4. 34. 35.), sondern der unermeßliche Raum, in welchem die Himmelskörper ihre Bewegungen vollführen. — Sonne und Mond sind nicht gleich groß und nicht gleich weit von uns entfernt (§. 95. 96.); auch die Planeten, die Fixsterne ꝛc. haben nicht gleiche, sondern zum Theil ungeheuer verschiedene Entfernungen (§. 90. 103. ff.). — Die Planeten laufen nicht um die Erde, sondern um die Sonne (Ebendas.). — Die Sonne, der Mond, die Planeten ꝛc. sind keine Scheiben, sondern kugelförmige Körper ꝛc. Wir wollen nun einen Schritt weiter gehen! *) Sollte nicht das Stillstehen der Erde und die Beweglichkeit des Himmels, nämlich der tägliche Umschwung des gesammten Heers der Gestirne um die Erde ebenfalls eine Täuschung seyn? Leicht wäre es möglich, daß auch hier das Gegentheil von dem Statt fände, was dem sinnlichen Anscheine nach geschieht; daß der Himmel ruhete, und die Erde sich umdrehete. Wir wissen, daß es den Bewohnern der Planeten, vermöge

*) Digna res est contemplatione, ut sciamus, in quo rerum statu simus, pigerrimam sortiti an velocissimam sedem; circa nos Deus omnia, an nos agat. *Seneca*, Quaest. nat. VII. 2.

der Rotation ihres Wohnplatzes, vorkommen muß, als drehe sich der Himmel mit allen Sternen täglich einmal um sie herum, als gehe ihnen die Sonne auf und unter ꝛc. (§. 137.). Die Bewohner des 24 z. B. werden (oder können wenigstens) glauben, daß dieser Umschwung der Himmelssphäre in 9 St. 55′ vollbracht werde; in andern Planeten wird man ihm wieder eine andere Periode setzen. Wir wissen aber auch — denn wir sehen die Wahrheit mit Augen —, daß man sich in jedem Planeten irrt, daß man sich irren muß, weil eine Bewegung der andern widerspricht. Mit welchem Rechte könnten wir nun behaupten, daß ein Schluß, der auf allen Planeten falsch ist, auf unserer Erde allein wahr seyn sollte?

§. 144.

Die Erde wird, wie jetzt ausgemacht ist, von einigen Planeten mehrere hundert-, von der Sonne fast anderthalb-millionen-, und von den allermeisten Fixsternen wahrscheinlich eben so viel- und noch mehrmal an Größe übertroffen; und dennoch sollten alle diese Weltkörper, deren Zahl größer ist, als die Menge des Sandes am Meer (§. 30.), die durch ungeheure, und, was die Fixsterne betrifft, im eigentlichen Sinne unermeßliche Zwischenräume von uns und von einander getrennt sind, um die viel kleinere Erde, die man schon von der Sonne aus kaum mehr erkennt (§. 115.), täglich ihre Bahnen beschreiben, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die bey der Sonne allein stündlich 5′ 400000 Meilen, bey den ungleich weiter entfernten Planeten und Kometen noch viel mehr, und bey den Fixsternen so viel betragen müßte, daß sie selbst der kühnsten Einbildungskraft völlig unbegreiflich seyn würde? Welche Ursache ließe sich denken, die jenen zahllosen Himmelskörpern, trotz der Verschiedenheit ihrer Abstände, und ungeachtet der dem täglichen Umlaufe entgegengesetzten Bewegung, die dem Monde, der Sonne, den Planeten ꝛc. eigen ist (§. 36.), eine gemeinschaftliche, mit der größten Gleichförmigkeit in parallelen Kreisen (§. 6.) vor sich gehende Umdrehungsbewegung um

die Weltaxe, d. h. um eine bloß eingebildete geometrische Linie (ein wahres Nichts, das also auch keine Kraft haben kann, den kleinsten Körper, geschweige denn die ungeheuern Massen der Gestirne um sich herum zu lenken) mitzutheilen vermögend wäre? Diese Unbegreiflichkeiten verschwinden sogleich, wenn man annimmt: daß sich die Erde in einer Zeit von 24 St. von Abend nach Morgen mit gleichförmiger Geschwindigkeit (wie man sie ja auch an den rotirenden Kugeln der Sonne und der Planeten wahrnimmt) um ihre Axe wendet. Denn hierbey ist 1), da der Umfang des Erdäquators 5400 Meilen (§. 89.) beträgt, die größte Umdrehungsgeschwindigkeit, die Statt finden kann, in 24 St. 5400 Meilen, also in 1 St. nur 225 M., in 1 Sec. der 16te Theil einer Meile; eine Geschwindigkeit, die ungefähr der einer Kanonenkugel gleich kommt, folglich nicht einmal etwas Ungewöhnliches in sich begreift. Es erklärt sich daraus 2) auf eine überaus leichte Weise a) der tägliche, gleichförmige Umschwung der ganzen Himmelssphäre nach entgegengesetzter Richtung (§. 3.); b) der verschiedene Umfang der von den Gestirnen täglich beschriebenen Parallelkreise, die vom Aequator aus nach Norden und Süden hin immer kleiner, und unter den Polen zu einem bloßen, unbeweglichen Puncte werden. [Man denke sich in der Mitte des Himmelsglobus eine kleine Erdkugel, deren Axe mit der des Globus zusammenfällt, und auf ihrem Aequator, so wie auf ihren, etwa von 5 zu 5° gezogenen, Parallelkreisen Stiftchen senkrecht eingesteckt, durch die man sich eben so viele Beobachter auf und zu beyden Seiten des Aequators in verschiedenen Breiten vorstellen mag; man drehe die kleine Erdkugel in Gedanken von West nach Ost um ihre Axe: so wird man finden, daß α) die verlängerten Stifte, oder die Scheitellinien sämmtlicher Beobachter an der Oberfläche der Himmelskugel Parallelkreise beschreiben, deren Umfang nach den Weltpolen hin immer geringer, in diesen selbst Null wird, weil die Erdpole sich nicht im Kreise drehen; daß β) der Scheitellinie eines jeden Beobachters alle Gestirne von Osten her entgegen kommen, ihr immer

näher rücken, zum Theil auch durch das Zenith selbst gehen, und dann auf der andern Seite eben so allmählig nach Westen hin sich von ihr entfernen, d. h. daß einem jeden Beobachter die Gestirne in Osten auf- und in Westen unterzugehen, oder von Morgen nach Abend den Himmel täglich zu umlaufen scheinen; daß γ) den Bewohnern der Erdpole Sterne, die gar keine Bewegung haben (Polarsterne) im Scheitel, den Bewohnern des Aequators hingegen diese unbeweglichen Sterne am weitesten vom Zenith stehen u. s. w.] Insbesondere erklärt sich c) aus jener Voraussetzung sehr leicht der tägliche Auf- und Untergang der Sonne und die hieraus entstehende regelmäßige Abwechselung von Tag und Nacht. — Obige Annahme ist endlich 3) der Analogie gemäß. Die Erde ist nämlich ein den Planeten ähnlicher Körper; denn sie ist, wie diese (man vergl. das vorige, und das 8. Cap. des I. Abschn.), eine mit Bergen und Thälern besetzte, mit einer Atmosphäre umgebene ꝛc., an sich dunkle Kugel, die ihr Licht von der Sonne bekommt. Die Planetenkugeln genießen aber nur dadurch auf allen Theilen ihrer Oberfläche das wohlthätige Sonnenlicht, daß sie sich um ihre Axen schwingen; ist es nun nicht natürlich, zu glauben, daß eine gleiche Einrichtung auch bey der Erde Statt finden werde?

Unstreitig giebt es also in der Astronomie keine einfachere und wahrscheinlichere Hypothese, als die von der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe.

§. 145.

Die Frage: „wie es möglich sey, daß man von der schnellen Umdrehung eines so großen Körpers, wie die Erde ist, nichts bemerke oder empfinde?“ läßt sich leicht beantworten. Daß sie gar nicht bemerkt werde, ist eine grundlose Behauptung; denn die Umwälzung der Gestirne zeigt uns unsere eigene Bewegung um eine Axe eben so deutlich, als der Schiffer, der sich, einer bekannten Erfahrung zufolge, trotz seiner wirklichen Bewegung in Ruhe

glaubt, durch das scheinbare Vorübereilen der Bäume und anderer am Ufer befindlichen Gegenstände von der Schnelligkeit seines Fahrzeuges überführt wird *). Die Gestirne sind die einzigen außerhalb unsers Wohnplatzes und des ihn umgebenden Luftkreises befindlichen Gegenstände, an denen wir die Umdrehungsbewegung der Erde sehen können; und an ihrem Umschwunge sehen wir sie wirklich. Alle uns umgebende irdische Gegenstände bewegen sich gemeinschaftlich mit der Erde; sie sind Theile des großen Fahrzeuges, mit welchem wir uns zugleich umdrehen, und verändern ihre relative Lage gegen einander nicht: es ist daher unmöglich, daß wir an ihnen die von der Rotation der Erde herrührende Bewegung bemerken. — Daß wir aber auch nichts von dem Umschwunge der Erde fühlen, kommt daher, weil er ganz gleichförmig und ohne Anstoß geschieht. Schon dann, wenn wir auf einem vollkommen ruhigen Wasser uns den Strom hinabführen lassen, empfinden wir nichts von unserer Bewegung; wie viel weniger kann dieß in Hinsicht der Rotation der Erde geschehen, bey der gar keine Reibung ꝛc. Statt findet? Zwar fühlt sich eine sehr schnelle Bewegung, z. B. im Laufen oder in einem offenen Wagen, an der Luft, die wir durchschneiden; allein bey der täglichen Umwälzung unsers Wohnplatzes werden wir mit derselben Schnelligkeit fortgeführt, wie der Fleck der Erde, auf dem wir stehen, und selbst die Luft nimmt an dieser Bewegung Antheil und folgt der rotirenden Oberfläche des Erdballs mit gleicher Geschwindigkeit: nichts kann uns also dieselbe fühlbar machen.

§. 146.

Wenn die Annahme der Rotation der Erde durch das Bisherige den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit erhält; so wird sie durch gewisse physische Wirkungen unmittelbar bestätigt, und dadurch zur Gewißheit erhoben.

*) Provehimur portu, terraeque urbesque recedunt.
Virgil. Aen. III. 72.

1) Die Planeten ♂, 4, ♄ und ♃, und wahrscheinlich alle übrigen (§. 138.), sind an ihren Polen abgeplattet. Unstreitig ist diese Abplattung (nach der ebendaselbst gemachten Bemerkung) eine Folge des Umschwungs um ihre Axen, der in der Gegend um den Aequator am heftigsten seyn muß, wie man besonders aus der Vergleichung der sehr beträchtlich abgeplatteten Gestalt des 4 mit der kurzen Zeit seiner Rotation = 9 St. 56′ deutlich sieht. Dreht sich die Erde um ihre Axe, so muß sie ebenfalls um ihre Pole abgeplattet seyn. Da nun dieß, wie wir oben gezeigt haben (§. 87. ff.), wirklich der Fall ist; so sieht man hierdurch ihre Rotation gleichsam augenscheinlich angezeigt.

2) Auf einer rotirenden Erde muß die Schwungkraft vom Aequator nach den Polen hin allmählig abnehmen, und da sie gegen die Rotationsaxe stets senkrecht ist; so wird ihre Richtung gegen die Schwere (vermöge der alle Theile der sphäroidischen Erde nach oder wenigstens nahe zum Mittelpuncte hingedrängt werden), der sie nur unter dem Aequator gerade entgegengesetzt ist, immer schiefer. Ihre Wirkung muß daher nach den Polen hin von einem Grade der Breite zum andern sich vermindern, und die Schwere dagegen zunehmen. Den Beweis hiervon wird man darin finden, wenn man den Fall der Körper, indem man vom Aequator nach den Polen geht, sich beschleunigen sieht. Zur Beobachtung des beschleunigten Falls der Körper aber ist nichts geschickter als das Pendel, welches um so schnellere Schwingungen machen muß, je geschwinder der Fall der Körper, also auch des Pendelgewichts, oder je beträchtlicher die Schwere ist. Ein nach Sternzeit regulirtes Secunden-Pendel macht 86400 Schwingungen von der Culmination eines Sterns bis zur nächsten (§. 54.). Nimmt nun die Schwere von den Polen nach dem Aequator hin ab, so muß dasselbe Pendel in derselben Zeit eines Sterntages näher am Pol mehr Schwingungen, und näher am Aequator weniger machen. Man darf also nur unter verschiedenen Polhöhen einen Stern mehrere Tage nach einander culminiren lassen, und die Schwingungen des Pendels zählen, um

hierüber zur Gewißheit zu kommen. Genaue und oft wiederholte Versuche haben aber bereits in dieser Sache zu Gunsten der Voraussetzung entschieden. Ein franz. Astronom, Richer brach, ohne jedoch absichtlich darauf auszugehen, die Bahn hierzu. Er fand nämlich, als er im J. 1672. nach der Insel Cayenne in Südamerica (kaum 5° vom Aequator) geschickt ward, daß seine von Paris mitgebrachte sehr gute Secunden-Uhr, deren Pendel dort genau seine 3000 Schwingungen in 1 St. gemacht hatte, täglich 148 Schwingungen weniger machte, oder um 2′ 28″ zurückblieb, so daß er das Pendel um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzen mußte, damit es auch hier die richtige Zahl der Secunden schlug. Dieses so verkürzte Pendel ging, als es nach Paris zurückgebracht war, zu geschwind, und mußte um eben so viel wieder verlängert werden. Man ließ nun mehrere Reisen in andere Gegenden anstellen, und erhielt immer dasselbe Resultat, indem es sich zeigte, daß ein Pendel, welches unter dem Aequator Secunden schlug, in der Breite von 20° z. B. um 1 Linie, in der Breite von 52° um 2 Lin., in der Breite von 59° 56′ (wie in Petersburg) um $2\frac{1}{2}$ Lin. ꝛc. kürzer gemacht werden muß, um die gehörigen Secunden-Schwingungen zu machen. Dieß ist in der That ein neuer sichtbarer Beweis von dem Umschwunge der Erde.

3) Läßt man von einem hohen Thurme eine Kugel herabfallen, so muß diese, wenn die Erde unbeweglich ist, genau nach der Lothlinie am Fuße des Thurmes auftreffen. Dreht sich die Erde um ihre Axe, so reißt sie den Thurm und die Kugel selbst während ihres Falles von Abend nach Morgen mit sich fort, indem die horizontale Bewegung, die der Kugel oben, als sie gleichsam ein Theil des bewegten Thurmes war, mitgetheilt ward, vermöge der Drehung der Erde, auch während des Falles fortdauert. Da jedoch die Spitze des Thurmes weiter als dessen Fuß von der Erdaxe absteht, und daher der Bogen, den jene durchläuft, etwas größer ist, als der, welchen dieser in gleicher Zeit beschreibt; so hat die Kugel oben, ehe sie herabgelassen wird, eine schnellere Bewegung als der lothrecht unter ihr liegende Punct der

Erdoberfläche: sie muß deshalb dem herabhangenden ruhigen Lothe während ihres Falles voreilen, und die Erde in einem Puncte treffen, der etwas östlich von dem durch die Lothlinie bezeichneten Puncte liegt. Auch diese östliche Abweichung fallender Körper hat man durch höchst sorgfältig angestellte Versuche neuerdings vollkommen bestätigt gefunden *), zu einem abermaligen Beweise von der Wirklichkeit des Umschwungs der Erde.

Fassen wir nun alles zusammen, was in diesem Capitel gesagt worden ist; erwägen wir, daß die Axendrehung der Erde a) die Erscheinungen der täglichen Bewegung aller Gestirne auf die leichteste und natürlichste Weise erklärt; daß sie b) mit keinem bekannten Gesetze der Natur streitet; daß sie vielmehr c) mit andern physischen und astronomischen Erfahrungen und Beobachtungen auf das vollkommenste übereinstimmt, und daß sie d) sogar durch unmittelbare Wahrnehmung ausgemacht-gewisser Naturwirkungen bekräftigt wird: — so hört die Rotation der Erde auf, eine bloß wahrscheinliche Hypothese zu seyn, und muß als eine hinlänglich bewiesene, über jeden Zweifel erhabene Wahrheit angesehen werden.

Anmerk.

*) Dr. Joh. Friedr. Benzenberg hat sie im J. 1802 in dem Innern des Michaelisthurmes zu Hamburg (die Böden desselben sind durch weite Fallthüren durchbrochen, und man hat so, bis nahe unter die Säulen, welche die Kuppel tragen, 240 Fuß freye Fallhöhe), und im J. 1804 in einem Kohlenschachte zu Schlebusch in der Grafschaft Mark angestellt. Man s. dessen sehr interessante Schrift: Versuche über das Gesetz des Falles, über den Widerstand der Luft und die Umdrehung der Erde, nebst der Geschichte aller frühern Versuche von Galilei bis auf Guglielmini. Dortmund 1804. 8. mit 8 Kupfert. (3 Rthl. 12 Gr.). — Die frühern Versuche von Guglielmini (auf einem Thurme zu Bologna angestellt) geben, wegen eines zu fehlerhaften Verfahrens, kein zuverläßiges Resultat.

III. Capitel.

Die Erde läuft mit den Planeten um die Sonne, und ist selbst ein Planet.

§. 147.

Da wir nun wissen, daß die tägliche Bewegung der Gestirne ein bloßer Schein ist, der durch die Axendrehung der Erde entsteht; so ist es natürlich, zu denken, daß auch die jährliche Bewegung der Sonne in der Ekliptik, bey der sie die Bahnen aller Planeten mit sich um die Erde herumführt (§. 113.), eine ähnliche, durch den Umlauf der Erde um die in Ruhe befindliche Sonne bewirkte Täuschung seyn könne. Es stehe in S (Fig. 7.) die Sonne unbeweglich, und die Erde laufe um sie in dem Kreise A B C D E herum. Ist die Erde in A, so sieht der Beobachter die Sonne nach der Richtung A S; kommt die Erde nach B, so sieht er die ☉ in der Richtung B S. Weil er sich aber seiner Bewegung nicht sinnlich bewußt ist (das in §. 145. Gesagte findet auch hier seine Anwendung); so glaubt er noch in A zu seyn, und die Sonne in der mit B S parallelen Richtung A a zu erblicken. Gleicherweise wird er, wenn die Erde bis C gerückt ist, sich noch immer in A zu befinden, und die Sonne in der mit C S parallelen Richtung A b zu sehen sich einbilden ꝛc. So muß ihm also die ☉, indem er sich selbst mit der Erde um sie bewegt, in dem punctirten Kreise S b c d S, und zwar in derselben Richtung, nach welcher die Erde läuft, d. h. von Westen nach Osten um seinen Standpunct zu gehen scheinen. — Man denke sich demnach in Fig. 5. die ruhende Sonne in S, oder stecke eine Nadel an ihre Stelle, und lasse die Erde in dem punctirten Kreise, und alle Planeten in den vorgezeichneten Bahnen um sie laufen; so wird man finden, daß die relativen Bewegungen dieselben sind, als wenn die Erde in T still stände, und die Sonne, begleitet von allen Planeten, um sie herumginge. Wenn man sich in dem ☿, in dem ♂,

in dem 24, oder in irgend einem andern Planeten Beobachter denkt; so kann ein Jeder seinen Wohnplatz zum vornehmsten Mittelpunct der Bewegung machen, indem er annimmt, daß sich die Sonne um ihn, und alle Planeten um die ☉ schwingen. Aber auch hier gilt, was wir oben (§. 143.) von der täglichen Bewegung bemerkten; Jeder nämlich würde sich irren, weil eine Bewegung der andern widerspricht. Sollte uns dieß nicht zu der Vermuthung führen, daß die Bewegung der ☉ um uns ebenfalls eine Täuschung sey, und daß wir uns irren, wenn wir unsern Wohnplatz in Ruhe und dagegen das ganze Sonnensystem in Bewegung um denselben zu sehen glauben? — Wir wollen dagegen in Gedanken den Standort unserer Beobachtung einmal in die Sonne verlegen, und von hier aus die Planeten betrachten. Alle diese Körper werden sich noch einer und derselben Richtung, d. h. von Abend nach Morgen um uns bewegen, und die Erde wird an dieser Bewegung Theil nehmen. Schon diese gemeinschaftliche Richtung macht es höchst wahrscheinlich, daß die Erde um die Sonne geht; denn sie bringt Harmonie und Ordnung in die Bewegungen der mit der Sonne in Verbindung stehenden Körper, und löset die Verwickelung, die nothwendig entsteht, wenn wir selbst die entferntesten Planeten, den ♄ und den ♁, während sie in eigenen, weit ausgedehnten Bahnen um die Sonne laufen, jährlich sich um uns bewegen lassen, und zwar mit einer Schnelligkeit, welche die der Sonne vielmal übertrifft. Erwägen wir nun noch die große Aehnlichkeit, die zwischen der Erde und den Planeten Statt findet, daß nämlich die Erde 1) ein sphärischer, und, so wie die Planeten, an sich dunkler Körper ist, der sein Licht von der ☉ empfängt; daß sie sich 2) gleich den Planeten um ihre Axe dreht, und daß sie 3) von einem Monde, so wie 24, ♄ und ♁ von ihren Trabanten, begleitet ist: — so wird es noch viel glaublicher, daß die Erde zur Gesellschaft der Planeten gehört und mit ihnen um ihre gemeinschaftliche Wohlthäterin, die Sonne, sich bewegt. Oder ist es nicht weit natürlicher, anzunehmen, daß alle Planeten um diesen

Centralkörper laufen, um sich an seinen Strahlen gleichförmig zu erleuchten und zu erwärmen, als daß die Quelle des Lichts und der Wärme nebst dem größten Theil der dunklen Körper um einen dieser dunklen Kugeln laufe, die noch dazu eine der kleinsten, namentlich gegen $1\frac{1}{2}$ millionenmal kleiner ist als die Sonne? Ist es nicht vernünftig, von einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte aus Leben und Empfindung über die der Erleuchtung und der Erwärmung bedürftigen Planetenkugeln durch das segnende Sonnenlicht verbreiten zu lassen? *)

Anmerk.

*) Nicol. Copernicus (geb. zu Thorn d. 19. Jan. 1472, gest. d. 24. May 1543), der die doppelte Bewegung der Erde (die tägliche und die jährliche, oder die rotirende und die progressive; rotatio und revolutio terrae) zuerst deutlich erkannt und in seinem unsterblichen, wenige Tage vor seinem Ende erschienenen Werke: De revolutionibus orbium coelestium, Libri VI. in Fol. Norimb. 1543., so gründlich, als es damals möglich war, erwiesen hat, sagt hiervon Lib. I. C. X. sehr schön: „In medio vero omnium residet Sol. Quis enim in hoc pulcherrimo templo lampadem hanc in alio vel meliori loco poneret, quam unde totum simul possit illuminare? Si quidem non inepte quidam lucernam mundi, alii mentem, alii rectorem vocant .... Ita profecto tanquam in solio regali Sol residens circum agentem gubernat astrorum familiam ..... Invenimus sub hac ordinatione admirandam mundi Symmetriam, ac certum harmoniae nexum motus et magnitudinis orbium, qualis alio modo reperiri non potest.“

§. 148.

Der Umlauf der Planeten um die Sonne läßt sich nach den Lehren der physischen Astronomie (s. das letzte Capitel dieses Abschnitts) nur dadurch erklären, daß jene Körper einst einen Stoß erhielten, der sie nach einer auf die Linie zur Sonne senkrechten Richtung fortschleuderte, durch die Anziehungskraft der Sonne aber von der geradlinigten Bewegung abgelenkt, und genöthigt wurden, um den Mittelpunct dieses gewaltigen Centralkörpers ewig in geschlossenen Bahnen herumzugehen. Da der Stoß nicht genau durch

den Mittelpunct ging (denn diese Annahme ist die bey weitem wahrscheinlichere); so ward den Planeten (ein Kreisel kann hier einigermaßen zur Erläuterung dienen) dadurch zugleich eine Umdrehungsbewegung mitgetheilt, die nach den ewigen Gesetzen der Natur mit gleichförmiger Geschwindigkeit unaufhörlich fortdauern muß. Auch die Erde dreht sich um ihre Axe (Cap. II.); hieraus muß man umgekehrt schließen, daß auch sie einst einen nicht genau durch ihren Mittelpunct gehenden Stoß erhielt, der sie seitwärts trieb, und ihr, in Verbindung mit der Anziehungskraft der Sonne, einen ewigen Kreislauf um diese anwieß. Was kann der weisen Sparsamkeit der Natur, die durch die einfachsten Mittel die größten Absichten erreicht und die mannigfaltigsten Wirkungen hervorbringt, *) angemessener seyn als diese Erklärung? Die tägliche und jährliche Bewegung der Erde; die malerischen Scenen der Tages- und Jahreszeiten, der mannigfaltige Wechsel von Licht, Farben und Schatten, von Wärme und Kälte; der unendliche Reichthum, den die Tiefen des Meeres und die Klüfte der Erde, den lachende Fluren und blühende Bäume uns darbieten; — alles dieses ist die nothwendige Wirkung jenes einfachen Stoßes auf die, wie wir bald sehen werden, mit ihrer Axe schräg gegen die Sonne gestellte Erde und auf die eigenthümliche Einrichtung ihrer Oberfläche und ihrer Atmosphäre.

Anmerk.

*) Welchen überflüßigen und unnützen Aufwand muthete nicht das Ptolemäische System der Natur zu, um einzelne Zwecke zu erreichen? „Sed naturae sagacitas magis sequenda est, quae sicut maxime cavit superfluum quiddam vel inutile produxisse, ita saepe potius *unam rem multis ditavit effectibus.*“ Copernic. ibid. Fol. 9.

§. 149.

Schon die Natur der Sache lehrt es, daß kleinere Körper um größere, keinesweges aber die größern um die kleinern laufen, und das Beyspiel der Erde und des Mondes, der Planeten und ihrer Trabanten, so wie der Sonne und

aller um sie gehenden Körper, bestätigen dieses Gesetz. Ist es nicht glaublich, daß die Erde demselben Gesetze unterworfen seyn, und sich nebst den Planeten um die Sonne, von der sie viele Hunderttausendmal an Größe übertroffen wird, bewegen werde? Man verbinde eine Kanonen- oder auch nur eine gewöhnliche Kegel- oder eine Billardkugel mit einer Flintenkugel durch einen etwas langen Faden, und gebe dieser letztern auf einer ebenen Fläche mit der Hand einen Schwung nach der Seite; so wird die kleine Kugel, während die große ruhig liegen bleibt, um diese im Kreise herumfliegen. Versucht man es aber, die große Kugel um die kleine zu schwingen, so wird jene davonfliegen und die kleine mit sich fortreißen. Die Anwendung hiervon auf Sonne und Erde läßt sich leicht machen. Wie wäre es denn nun möglich, daß die Anziehungskraft des ungeheuern Sonnenkörpers auf den ☿ und die ♀ wirkte, ja sich bis auf den ♃ und den ♄ erstreckte und alle diese Planeten an sich fesselte, ohne zugleich auf die dazwischen liegende Erde, die viel kleiner und der Sonne weit näher ist als ♃ und ♄, zu wirken? Und wie könnte die Erde jenem mächtigen Zuge der Sonne widerstehen, ohne sich selbst im schnellen Fluge um sie zu schwingen?

§. 150.

Nach einem weiter unten (§. 167.) vorkommenden, in der Mechanik der himmlischen Bewegungen gegründeten Gesetze laufen die Planeten um so langsamer um die Sonne, je weiter sie von ihr entfernt sind, so daß die Quadratzahlen ihrer Umlaufszeiten sich verhalten, wie die Cubikzahlen ihrer mittlern Abstände von der Sonne. Wendet man dieses Gesetz auf die Erde an, indem man sie in Hinsicht der genannten beyden Elemente mit irgend einem Planeten vergleicht so findet man, daß die Periode ihres siderischen Umlaufs mit der bekannten Länge des Sonnenjahrs genau zusammentrifft; welches offenbar beweiset, daß die Erde mit in die Reihe der um die Sonne laufenden Planeten gehört, und ein noth-

wendiges Glied dieser Kette ist. Wir wollen dagegen annehmen, die Erde stehe still, und die Sonne beschreibe gleich dem Monde, um sie ihre Bahn. Bey dieser Annahme müßte jenes merkwürdige Verhältniß zwischen Sonne und Mond ebenfalls Statt finden. Es sey nun in runden Zahlen die Zeit des periodischen Umlaufs des ☽ = 27 T., der ☉ = 365 T.; die mittlere Entfernung des ☽ ist = 60 Erdhalbmesser (§. 95.). Hiernach machen wir die Proportion: wie 729 (= 27^2) zu 133225 (= 365^2); so verhält sich auch 216000 (= 60^3) zu 39460356. Aus der letzten Zahl ist die Cubikwurzel 340, und diese Zahl müßte die Entfernung der ☉ von der Erde in Erdhalbmessern angeben. Wir wissen aber bereits, daß die Sonne über 20000 eben dieser Halbmesser im Mittel von uns entfernt ist (§. 96.). Legen wir auch nur diese geringe Angabe zum Grunde, so würde die um die Erde gehende Sonne nach obigem Gesetze länger als 450 Jahre zubringen, ehe sie einen einzigen Umlauf vollendete; denn wie sich 216000 (= 60^3) zu $8'' 000000' 000000$ (= 20000^3) verhält; so verhält sich auch 729 (= 27^2) zu einer Zahl, deren Quadratwurzel 164320 Tage, oder 450 Jahre beynahe beträgt. Dieses ungereimte Resultat ist ein unwiderlegbarer Beweis, daß sich die Sonne nicht um die Erde bewegt.

§. 151.

Der Lauf der Erde giebt den natürlichsten Aufschluß über sehr viele, im ersten Abschnitte dargestellte himmlische Erscheinungen. Wir wollen nur auf die vorzüglichsten derselben zurückweisen.

1) Schon vorhin (§. 147.) wurde gezeigt, wie die scheinbare Bewegung der Sonne aus der reellen Bewegung der Erde sich herleiten lasse. Zu größerer Veranschaulichung der Sache kann auch Fig. 11. dienen, wo um die in S befindliche Sonne die Erde in der punctirten Bahn läuft. Steht die ♁ in ♎, so erscheint die ☉ in ♈; ist jene nach ♍, ♐, ♑ ꝛc. vorgerückt, so sieht man diese in ♉, ♊, ♋ ꝛc. Es

muß uns also vorkommen, als ob die ☉ aus einem Sternbilde des Thierkreises in das andere trete, bis wir sie nach beendigtem Umlaufe der ♁ wieder in demselben Zeichen sehen.

2) Während die Erde sich um ihre Axe wälzt und zu gleicher Zeit in ihrer Bahn weiter fortrückt *), muß ein Fixstern L (Fig. 8.), der heute mit der Sonne S zugleich culminirt, oder im Meridian m auf der Erde erscheint, den folgenden Tag, wo die Erde in ihrer Bahn AB von 1 nach 2 gekommen ist, etwas früher in denselben Meridian m kommen als die ☉, die sich indessen um den Bogen LM von dem Fixsterne hin nach Osten entfernt zu haben scheint (die Linie ml führt nach demselben Fixsterne L, seiner unermeßlichen Entfernung wegen). Der Ort m in 2 muß sich also noch bis n drehen, ehe die Sonne für ihn wieder in den Meridian kommt und folglich der wahre Sonnentag vollendet ist. Hiernach wird der Unterschied der Stern- und der Sonnentage (§. 52. und 54.) sehr begreiflich. — Da sich die Erde, um den Sonnentag vollständig zu haben, täglich um etwa 1° mehr als 360° um ihre Axe wälzt, und dieser Ueberschuß nach Beendigung ihres Umlaufs um die ☉ eine ganze Umwälzung betragen muß; so sieht man zugleich, wie sich die Erde in 365 Tagen 366mal um ihre Axe schwingt.

3) Der Mond ist der einzige Weltkörper, der sich um die Erde, und mit dieser zugleich um die Sonne bewegt. Aus dieser doppelten Bewegung entspringt der siderische und synodische Monat (§. 72.). Die Erde stehe in T (Fig. 18.), der Neumond in a; so befindet sich dieser mit der Sonne S an einem Orte des Himmels (oder in ♂ mit der ☉), nämlich bey dem Fixsterne F. Nach $27\frac{1}{3}$ T. hat der ☽ seine Bahn abcda um unsere Erde (oder 360°) zurückgelegt, und hiermit seinen siderischen Umlauf vollendet. Indessen ist aber die Erde sammt der Mondbahn in ihrer eigenen Bahn AB von T bis E fortgerückt, wo dann der Mond in e auf der mit TS parallelen Linie Ee abermals bey dem Fixsterne F gesehen wird. Die ☉ erscheint

aber nun, aus E betrachtet, nach EfS bey dem Sterne G; der ☽ muß demnach noch den Bogen ef durchlaufen, ehe er wieder in ☌ mit der ☉ kommen kann, und dieser trägt etwa 27 Grade aus, welche der ☽ in ungefähr 2 Tagen zurücklegt, womit er seinen synodischen Umlauf vollendet.

Anmerk.

*) Die Vergleichung der doppelten Bewegung der Erde mit dem Fortrollen einer Kugel auf der Kegelbahn giebt keine richtige Vorstellung von der Sache, wie schon aus dem großen Unterschiede erhellet, der zwischen der Schnelligkeit der progressiven und der rotatorischen Bewegung der Erde Statt findet. Da der Halbmesser der Erdbahn = 20 Mill. Meilen ist (§. 96.); so beträgt deren Peripherie, die in $365\frac{1}{4}$ T. von der ♁ durchlaufen wird, 127 Mill. Meilen, von welchen die Erde an jedem Tage 346886, in jeder Stunde 14454, in jeder Min. 241, und in jeder Sec. 4 Meilen = 92166 Fuß zurücklegt. Vermöge der Rotation bewegt sich ein Punct eines größten Kreises der Erdkugel in 24 St. nur durch 5400, in 1 St. nur durch 225 M., und in 1 Sec. nur durch $\frac{1}{17}$ Meil. (§. 144.). Wäre nun die zwiefache Bewegung der Erde ein bloßes Fortrollen (Ueberkugeln) auf ihrer Bahn, oder wäre ihr Fortschreiten eine bloße Abwickelung ihrer Peripherie an dem kreisförmigen Umfange ihrer Bahn; so würde die Erde offenbar auf dieser in 24 St. nur um 5400, in 365 T. nur um 1971000 Meilen vorwärts kommen, folglich nach vielen Jahren erst einen Umlauf um die ☉ vollenden.

§. 152.

4) Vermöge der täglichen Umdrehung der Erde ist die Weltaxe Pp (Fig. 1.) nichts anderes als die in den unermeßlichen Himmelsraum hinaus verlängerte Rotationsaxe πΦ der Erde selbst; Weltpole und Erdpole liegen demnach in einer und derselben geraden Linie. Die himmlischen Meridiane sind die bis an die scheinbare Himmelssphäre erweiterten Erdmeridiane; der Aequator des Himmels die bis an das Himmelsgewölbe fortgeführte Ebene des Erdäquators. — Vermöge der jährlichen Bewegung der Erde um die ☉ ist die Ekliptik nur die bis an die Himmelssphäre ausgedehnte Fläche der Erdbahn. Die Durchschnittslinie des Erdäquators mit der Ebene der

Ekliptik geht verlängert nach den Puncten des Himmels, die wir oben (§. 42.) die Aequinoctialpuncte genannt haben, und eine Linie, die wir von irgend einer Stelle der Erdoberfläche nach diesen Durchschnitten ziehen, fällt, wegen der gegen den Halb- und Durchmesser der Erde unermeßlichen Entfernung der Fixsterne (§. 90.), mit jener Durchschnittslinie zusammen. Da nach den Beobachtungen (§. 41.) der Aequator des Himmels gegen die Ekliptik unter den Winkel ACF (Fig. 2.) $= 23^\circ\ 28'$, also die Weltaxe unter dem W. PCF $= 66^\circ\ 32'$ geneigt ist; so muß auch der Erdäquator einen Winkel von $23^\circ\ 28'$, und die Erdaxe einen W. von $66^\circ\ 32'$ mit der Fläche der Erdbahn machen. Da ferner die Durchschnittspuncte des himmlischen Aequators und der Ekliptik das ganze Jahr hindurch fast genau an denselben Stellen des Thierkreises bleiben; so folgt daraus, daß die schräg gegen die Sonne gestellte Axe der Erde während ihres jährlichen Umlaufs um die Sonne sich stets selbst parallel bleibt, wie solches die Beobachtungen auch an andern Planeten zeigen (§. 137.): und aus dieser einfachen Einrichtung läßt sich

5) die wohlthätige Abwechselung der Jahreszeiten, und die Verschiedenheit in der Dauer der Tage und Nächte in den beyden Halbkugeln der Erde mit einer bewundernswürdigen Leichtigkeit erklären, wie wir an Fig. 11. zeigen wollen, wo die Erde T nach den 4 Hauptstellungen in ihrer Bahn abgebildet ist. In jeder Stellung ist Pp die um $66\frac{1}{2}^\circ$ gegen die Ebene der Erdbahn geneigte und immerfort sich selbst parallel bleibende Axe der Erde, P der Nord- und p der Südpol, AE der Aequator, MN der Wendekreis des Krebses und OR der W.K. des Steinbocks, DF der nördliche und GI der südliche Polarkreis. Steht nun

a) die Erde in ♎, so sehen wir die Sonne S, die man sich in einer sehr großen Entfernung von der Erde denken muß, in ♋, und dann ist der Nordpol P der ⊙ zugekehrt, der Südpol p aber von ihr abgewendet; FTG ist die Scheidungsgrenze der erleuchteten und unerleuchteten Hälfte,

oder der Tag- und Nachtseite der Erde. Die Sonnenstrahlen SM fallen senkrecht auf den Wendekreis des Krebses MN, und die ☉ scheint dann wegen der Rotation der Erde senkrecht über alle Puncte dieses Kreises wegzugehen; sie macht also für die nördlichen Länder den Anfang des Sommers, und für die südlichen den Anfang des Winters. In L liegt etwa der mittlere Theil von Deutschland, dessen Zenith nach Z geht; man sieht also deutlich, daß die Sonne um diese Zeit unserm Scheitelpunct ziemlich nahe steht, nämlich um den Winkel STZ. Die Länder innerhalb des nördlichen Polarkreises DF haben also beständig Tag, und die innerhalb des südlichen GI beständig Nacht, weil jene bey der Umdrehung der Erde um die Axe Pp in der der Sonne zugewendeten oder erleuchteten, diese in der von ihr abgewendeten oder dunkeln Halbkugel bleiben. Jeder andere Parallelkreis südlich vom Polarzirkel DF bis zum Aequator hin wird über die Hälfte, z. B. der WK. des Krebses MN von M bis D erleuchtet, und seine Bewohner haben den längsten Tag; dagegen liegt jeder südliche Parallelzirkel zwischen dem Aequator und dem südlichen Polarkreis GI über die Hälfte, z. B. der WK. des Steinbocks OR von Q bis R in Nacht gehüllt, und die Bewohner desselben haben den kürzesten Tag. — Indem hierauf

b) Die Erde nach den Zeichen ♎, ♓ ꝛc. hinrückt, nähert sich die ☉ dem Aequator, die Grenze der Erleuchtung rückt allmälig nach den Polen hin; die Tage nehmen auf der nördlichen Hälfte der Erde ab, auf der südlichen zu. Ist sie in ♈ angekommen, wo dann die ☉ in ♎ steht, so geht die verlängerte Ebene des Aequators AE durch die Sonne; die Strahlen dieses Gestirns fallen also senkrecht auf den Aequator; die Erleuchtung reicht gerade bis an die Pole (die Meridiane, wie PApEP, machen die Erleuchtungsgrenze); Tag und Nacht sind allenthalben auf der Erde gleich lang, und es hebt der Herbst für die nördlichen, der Frühling dagegen für die südlichen Gegenden an. — Wenn

c) die Erde in ♋ anlangt; so sehen wir die ☉ in ♑, und dann ist der Südpol p der ☉ zugekehrt, der Nordpol P

aber von ihr abgewendet. Die Länder innerhalb des südlichen Polarzirkels G I haben beständig Tag, und die innerhalb des nördlichen D F beständig Nacht. Die Sonnenstrahlen S R fallen senkrecht auf den WK. des Steinbocks R O; die ☉ scheint wegen der Rotation der Erde senkrecht über diesen Kreis wegzugehen, und es hebt daher in den südlichen Ländern der Sommer, in den nördlichen aber der Winter an. Unsere Scheitellinie Z L bleibt dann von der Linie T S aus dem Mittelpuncte der Erde zur Sonne sehr weit, nämlich um den ansehnlichen Winkel Z T S entfernt; die Sonne steht uns also zu Mittage sehr tief am Himmel. — Indem hierauf

d) die Erde nach ♌, ♍ u. s. w. hinrückt, nähert sich die ☉ abermals dem Aequator; die Grenze der Erleuchtung rückt wiederum nach den Polen zu; die Tage nehmen auf der südlichen Hälfte der Erde ab, auf der nördlichen zu. Ist sie in ♎ angekommen (die Erde ist in dieser Stellung diesseits der ☉, also von ihrer Nachtseite in der Fig. vorgestellt), so hat ihre Axe dieselbe Lage gegen die ☉ wie in ♈, die Erscheinungen sind also wieder dieselben; nur hebt zu dieser Zeit für die nördlichen Gegenden der Frühling, für die südlichen der Herbst an.

Am deutlichsten lassen sich alle diese Erscheinungen durch ein Tellurium darstellen, wozu mit einer kleinen Abänderung die in Fig. 24 abgebildete Vorrichtung (vergl. §. 122.) gebraucht werden kann. Man steckt nämlich statt des ♄ eine kleine Erdkugel (Fig. 24*) über f d auf, deren Axe n s unter dem Winkel n C D = $66\frac{1}{2}^{\circ}$, der Aequator a e also unter dem W. D C e oder a C E = $23\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen die Fläche der Erdbahn E D geneigt ist, so daß der Mittelpunct der Erde C mit dem der Sonne S (Fig. 24.) in der Linie g S (denn diese stellt hier den Durchschnitt der Erdbahn oder der Ekliptik vor) liegt. Man richte die Axe s n so, daß sie mit der Weltaxe zusammenfällt, oder daß sie mit dem nördlichen Ende n ungefähr nach dem Polarsterne hinweiset, und stelle die Erde zuerst in das Zeichen des ♑, die ☉ also in das Zeichen des ♋, so daß der Nordpol der Erde gegen

die ⊙ gekehrt und in unserer nördlichen Hemisphäre Sommer ist u. s. w. Sind um die kleine Erdkugel die vorzüglichsten Parallelkreise, nämlich der Aequator, die Wende- und die Polarzirkel, außerdem etwa noch der Parallelkreis, auf dem der Ort der Beobachtung (z. B. Leipzig, Dresden, Berlin ꝛc.) liegt, und der ihm entgegengesetzte auf der südlichen Halbkugel, in gehöriger Entfernung von einander gezogen, und hat man auf jedem dieser Kreise ein kleines Stiftchen senkrecht eingesteckt; so kann man den Auf- und Untergang der Sonne, die Größe ihres Tage- und Nachtbogens, ihre Entfernung vom Zenith, ihre größere oder geringere Höhe über dem Horizont, die Richtung und die Länge des mittägigen Schattens, und vieles Andere, wovon die mathematische Geographie ausführlicher handelt, für alle jene Kreise in jeder Stelle der Erde auf ihrer Bahn sich noch anschaulicher vorstellen. Zu diesem Behufe kann man noch auf dem Arme AB, näher nach A als nach B hin, ein Stäbchen senkrecht errichten, an welchem oben ein dünner Drath horizontal angebracht ist, der zwischen den Mittelpuncten der Erde und der Sonne, und mit der nach g zu gerichteten Spitze immer nahe an der Oberfläche der kleinen Erdkugel liegt. Diese Drathspitze bezeichnet nämlich jedesmal, indem man die Erde um ihre Axe dreht, den Parallelkreis, über welchen die Sonne senkrecht hinweggeht. — Großes Vergnügen wird es einem Jeden gewähren, der sich durch bloße Zeichnungen und Figuren keine klare Vorstellung von dem Parallelismus der Erdaxe, von dem Steigen und Sinken der mittägigen Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten u. s. w. machen konnte, wenn er an jener Maschine alles mit Augen sieht, und sich z. B. überzeugt, daß wirklich, was Vielen unbegreiflich ist, auf jedem der beyden Pole abwechselnd ein halbes Jahr beständig Tag, und ein halbes Jahr beständig Nacht ist u. s. w. *)

Anmerk.

*) Das oben in §. 80. beschriebene und in Fig. 15. (b) abgebildete Lunarium wird, wie man nun einsehen wird, am zweckmäßigsten

mit dem Tellurio verbunden, so daß man die ganze über A befindliche Vorrichtung über der beweglichen Rolle r'm' (Fig. 24.) anbringt, und der Erdkugel t dieselbe Höhe über B, wie der Sonne oder der Lichtflamme S über A giebt. Wenn man nun die Erde durch Fortschieben des Armes AB um die Sonne herumführt, läuft der Mond zugleich mit um dieselbe, indem er jeden Monat einmal um die Erde geht; welche letztere Bewegung man ebenfalls mit der Hand durch Umdrehen des kleinen Armes ce, oder cd bewerkstelligen muß. Man kann auch einen Drathring am Lunario um den Mittelpunct der Erde legen, und ihn nach §. 80. bey x' und z' beweglich anbringen, so daß sich ihm die gehörige Neigung der Mondbahn, welche der Ring vorstellt, geben läßt. ꝛc. Das Weitere vom Gebrauche eines so verbundenen und eingerichteten Tellurii und Lunarii ergiebt sich aus den in gegenwärtiger Schrift enthaltenen Belehrungen über den Lauf der Erde und des Mondes ꝛc. von selbst.

§. 153.

5) Wenn die Erdaxe während des Umlaufs der Erde um die Sonne nicht vollkommen genau dieselbe Lage behält, sondern durch irgend eine äußere Ursache (eine solche ist namentlich die anziehende Kraft des Mondes; s. §. 184.) eine fast unmerklich drehende und schwankende Bewegung bekommt; so müssen, weil hierdurch auch dem auf der Axe senkrecht stehenden Aequator eine Bewegung mitgetheilt wird, die Sterne, deren Ort an der Sphäre man durch ihre Lage gegen den Aequator und die Ekliptik bestimmt, kleine scheinbare Verrückungen, oder die Veränderungen in der Länge, Declination, Rectascension ꝛc. erleiden, welche oben unter den Namen der Abnahme der Schiefe der Ekliptik (§. 45.), der Präcession (§. 48.) und der Nutation (§. 83.) vorgekommen sind. Unstreitig ist es weit natürlicher, jene periodischen Verrückungen durch ein geringes Wanken der Erdaxe zu erklären, als zu der ganz unbegreiflichen Annahme seine Zuflucht zu nehmen, daß alle Sterne, außer der täglichen Umwälzung, noch unaufhörlich, jeder von ihnen auf gleiche Art, aus ihrer Lage verschoben würden.

§. 154.

Wir wollen nun

6) noch sehen, wie der oben (Erster Abschn. Cap. VIII.) beschriebene, sonderbare Lauf der Planeten sich als eine nothwendige Folge von der Bewegung der Erde, welche außerhalb der Bahnen des ☿ und der ♀, und innerhalb der Bahnen des ♂, des 4 ꝛc. um die ☉ läuft, darstellen läßt. Wir betrachten zuerst

a) einen untern Planeten. Es stelle demnach der nächste Kreis um S (Fig. 19.) die Bahn des ☿, der folgende die Bahn der Erde, und der äußerste die scheinbare Himmelskugel vor. Die ☿ bewege sich von A nach E in ihrer Bahn, während ☿ seinen ganzen Kreis a b c d a durchläuft. Man theile sowohl den Bogen AE, als den kleinern Kreis in gleich viele Theile, z. B. in vier; so befindet sich, indem die Erde in A ist, ☿ in a und wird auf den Punct 1 des Himmels bezogen. Wenn die Erde nach B kommt; so ist ☿ in b und erscheint am Himmel in 2. Gleicherweise erscheint ☿ nach und nach in 3, 4, 5 am Firmament, indem die Erde nach C, D, E, und ☿ nach c, d, a fortrückt. Der Planet hat also erst als rechtläufig den scheinbaren Weg 1, 2, 3, 4 zurückgelegt, dann aber als rückläufig den Weg von 4 bis 5. In der Gegend 4 muß er eine Zeitlang still zu stehen scheinen, weil er an der Stelle d seiner Bahn fast in einer geraden Linie gegen die Erde in D anrückt ꝛc. — — Nun

b) zu einem obern Planeten. Es sey der kleinere Kreis um S (Fig. 20.) die Bahn der Erde, und der folgende größere die Bahn des Jupiters. Die ♃ sey nach und nach in A, B, C, D, E, F, A, während 4 in a, b, c, d, e, f, g sich befindet, und am Himmel in 1, 2 ꝛc. bis 7 zu seyn scheint; so ist dessen scheinbare Bewegung von 1 zu 2, 2 zu 3 und 3 zu 4 rechtläufig, von 4 zu 5 rückläufig, von 5 zu 6 und 6 zu 7 wiederum rechtläufig. Die Gegend des Stillstands ꝛc. wird man selbst finden. — Läßt man die Erde in Gedanken noch mehrmals in ihrem

Kreise herumgehen und den 24 in dem seinigen zugleich fortrücken, so wird man leicht sehen, daß der Planet auf seinem scheinbaren Wege am Himmel allemal weiter vor- als rückwärts geht, also doch zuletzt in der Richtung von Abend nach Morgen im ganzen Thierkreise herumkommt. Auch sieht man aus beyden Figuren, warum die Planeten sich bald langsamer, bald geschwinder bewegen.

So lassen sich also die sonst so schwer zu deutenden Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Planeten, welche die zweyte Ungleichheit *) ausmachen (§. 114.), durch die Annahme des Umlaufs der Erde um die Sonne vollkommen erklären. Die erste Ungleichheit (ebendas.) wird daher rühren, daß die Planeten nicht in kreisrunden, sondern in elliptischen Bahnen mit ungleichförmiger Geschwindigkeit sich um die ☉ bewegen (s. Cap. VI. dieses Abschn.).

Anmerk.

*) Diese erste Ungleichheit läßt sich ebenfalls an der Maschine (Fig. 24.) sowohl in Hinsicht der untern als der obern Planeten deutlich darstellen, wenn man entweder die Erdkugel von dem größern Arme AB, und den ☿ oder die ♀ von dem kleinern op tragen, oder wenn man die Erde auf dem kleinern und einen obern Planeten auf dem größern Arme um die Sonne sich bewegen läßt. Auf diese Art kann man die ganze Vorrichtung überhaupt in vielen wesentlichen Stücken statt eines sogenannten Planetarii gebrauchen. Denn vollständige Planetenmaschinen, an welchen alle Planeten nebst ihren Trabanten auf verschiedenen Armen, wohl gar vermittelst künstlicher Räderwerke, um die Sonne geführt werden ꝛc., haben schwerlich einen Nutzen, der ihrer großen Kostbarkeit entspricht, und werden durch Zeichnungen und Beschreibungen, denen die Einbildungskraft leicht zu Hülfe kommt, ganz überflüßig gemacht.

§. 155.

Wir haben nun (§. 151. ff.) gesehen, mit welcher Leichtigkeit sich die mannigfaltigsten himmlischen Erscheinungen, die nach jeder andern Hypothese zum Theil ganz unerklärlich sind, als nothwendige Folgen der progressiven Bewegung der Erde darstellen lassen. Nehmen

wir hierzu das, was von §. 147. bis 150. gesagt worden ist, so können wir über die jährliche Bewegung der Erde *) nicht länger in Zweifel bleiben, sondern wir müssen sie, eben sowohl wie ihre rotatorische, als eine ausgemachte und unumstößliche Wahrheit ansehen.

Demnach ist die Erde ein Planet, und wir müssen aufhören, sie als den Mittelpunct und den Hauptkörper des Sonnensystems, oder wohl gar der ganzen Welt zu betrachten, wofür sie von unzählichen, durch den sinnlichen Schein getäuschten und durch eine thörichte Eitelkeit verblendeten Menschen gehalten worden ist und noch gehalten wird.

Anmerk.

*) Ein directer Beweis für dieselbe, denen ähnlich, die in §. 146. für die Rotation der Erde angeführt worden sind, kommt noch in §. 158. vor.

IV. Capitel.

Parallaxe der Erdbahn und Abirrung des Lichts.

§. 156.

Da der Durchmesser der Erdkugel gegen den Abstand der Fixsterne für nichts zu rechnen ist (§. 90.); so sollte man glauben, daß wenigstens der Durchmesser der Erdbahn = 40 Mill. Meilen gegen die Entfernung jener Weltkörper ein merkliches Verhältniß haben müsse. Ein Stern S (Fig. 27.) stehe so, daß der Winkel DAS, indem die Erde sich in A befindet, sehr klein, also der Stern der verlängerten Erdaxe AD, oder dem Nordpole sehr nahe ist. Kommt die Erde nach einem halben Jahre nach B, d. h. nach der entgegengesetzten Stelle ihre Bahn (AB ist nämlich der Durchmesser der Erdbahn), so müßte der Stern, wenn dessen Abstand nicht etwa unendlich größer

als der der Sonne von der Erde wäre, sich vom Pole weiter entfernt haben. Denn ziehen wir zu dem Sterne die geraden Linien AS, BS, und nehmen wir BE mit AD, BF mit AS parallel; so ist BE die Axe der Erde, die sich immer parallel bleibt, und der Winkel SBE oder SBF + FBE um den W. SBF = ASB größer als SAD. Der W. SBF heißt die Parallaxe der Erdbahn, oder die jährliche Parallaxe der Fixsterne. Oder es stehe (Fig. 28.) die Sonne in der Mitte C der Erdbahn AB. Die Erde sey in A, ein Stern S in der Ebene der Ekliptik, und ACB senkrecht auf SC. Nach einem halben Jahre befinde sich die Erde in B. Nun ist in A der Unterschied der Länge der Sonne und des Sterns = W. CAS; in B ist dieser Unterschied = W. CBS; der Unterschied der Länge des der Sonne entgegengesetzten Punctes am Himmel nach der Richtung BE und des Sterns ist der W. EBS. Der Unterschied der W. CAS und EBS ist der W. ASB. Ist nun die Entfernung SC des Sterns nicht unermeßlich groß gegen den Halbmesser der Erde CA oder CB, so müßte man in der Länge desselben nach jedem halben Jahre, wenn er um 90° von der Sonne absteht, einen Unterschied bemerken, welcher dem W. ASB gleich ist. Allein die sorgfältigsten Beobachtungen haben einen solchen Unterschied, d. h. eine jährliche Parallaxe der Fixsterne, bis jetzt noch gar nicht, oder nur sehr unsicher dargethan. Die Linien AS, BS (auch in Fig. 27.) sind also für uns so gut als parallel, und SC ist unvergleichbar groß gegen AC oder AB; d. h. selbst der Durchmesser der Erdbahn ist gegen den Abstand der in der Ebene der Ekliptik stehenden Fixsterne als ein bloßer Punct anzusehen. Nimmt man den Stern S im Pol der Ekliptik an, so ist SAC dessen scheinbare Breite in A, und SBC die entgegengesetzte in B; der Abstand des Sterns vom Zenith müßte also zu beyden Zeiten bey der Culmination um den W. ASB verschieden seyn; aber man entdeckt keinen solchen Unterschied an den Sternen, die im oder nahe beym Pol der Ekliptik stehen. Die übrigen Sterne müßten eine

gewisse Veränderung sowohl in der Länge als Breite an sich bemerken lassen, die man aber ebenfalls nicht wahrnimmt. Also sind alle Fixsterne so weit von uns entfernt, daß der Halb- und Durchmesser der Erdbahn gegen ihren Abstand verschwindet.

§. 157.

Sollte wirklich, wie man in den neuesten Zeiten gefunden zu haben glaubt, an einigen der nächsten Sterne, als am Sirius, am Aldebaran u. a. eine jährliche Parallaxe merklich seyn, so kann man mit Sicherheit annehmen, daß sie noch unter 2″ sey; woraus zugleich die Entfernung dieser Sterne von der Erde, so wie ihre wahre Größe (diese wenigstens ungefähr) sich herleiten läßt. Gesetzt die Parallaxe eines Sterns betrage 2″; so verhält sich (Fig. 28.) SB zu AB, wie 1 zu sin ASB. Wenn wir daher 1 mit 0,000009696, als dem Sinus von 2″ dividiren (vergl. §. 95.); so ergiebt sich BS 103135mal größer als AB, d. h. der Stern ist um mehr als 100000 Durchmesser der Erdbahn, oder mehr als vier Billionen Meilen von uns entfernt. Beträgt aber die Parallaxe des Sterns nur 1″ (nach Bradley's vortrefflichen Beobachtungen kommt sie noch nicht dahin); so ist jener Abstand doppelt so groß, oder der Stern ist mehr als 400000mal weiter von uns entfernt als die Sonne. Die Entfernung der allermeisten Sterne, wie der von der 5ten, 6ten ꝛc. Größe, noch mehr der teleskopischen (§. 30.), wird ungleich, ja zum Theil unendlich größer seyn. Aber diese ungeheure Ausdehnung des Weltgebäudes kann uns kein Einwurf gegen die Bewegung der Erde seyn. Denn welchen Begriff würden wir uns von der Größe des Schöpfers bilden, wenn wir glauben wollten, das Werk seiner Allmacht müsse von menschlichen Augen übersehen, von menschlichen Werkzeugen gemessen werden können?

Der scheinbare Durchmesser der Fixsterne, selbst der hellsten unter ihnen, ist noch weit schwerer zu bestimmen

als ihre Parallaxe. Setzen wir ihn indessen mit Herschel z. B. für die Wega in der Leyer $= \frac{1}{3}''$; so läßt sich berechnen, daß der wahre Durchmesser des Sterns der 618812te Theil seiner Entfernung, also, wenn man diese zu 200000 Halbmessern der Erdbahn annimmt, $\frac{1}{3}$ vom Halbmesser der Erdbahn beträgt. Der scheinbare Durchmesser der Sonne ist ungefähr $32'$ oder $\frac{1}{107,4}$ vom Halbmesser der Erdbahn. Wega würde sich also zur Sonne wie $\frac{1}{3} : \frac{1}{107,4}$ verhalten, d. h. ihr wahrer Durchmesser würde den der Sonne 36mal übertreffen, welches nicht unglaublich ist. Hiernach würde der ganze Körper jenes schönen Sterns 46656mal so groß seyn als der unserer Sonne. Wie viel größer werden nicht unzählige andere Fixsterne seyn? — So unsicher alle diese Bestimmungen sind; so folgt doch wenigstens so viel daraus: daß man die Sterne nicht wohl kleiner als unsere Sonne annehmen darf, und daß es, nach den Regeln der Wahrscheinlichkeits-Rechnung, unter denen, die der Sonne an Größe nicht gerade völlig gleich seyn werden, eben so viele geben wird, die größer, als die kleiner sind. Dieses Resultat ist ganz dazu geeignet, die schon oben (§. 90.) geäußerte Vermuthung zur Gewißheit zu erheben: daß die Fixsterne insgesammt selbstleuchtende Körper, oder daß sie wahre Sonnen sind. Schon das bloße Auge empfindet den wesentlichen Unterschied zwischen dem ruhigen Lichte der Planeten und dem funkelnden Glanze der Fixsterne. Die Sterne erster Größe glänzen, ungeachtet sie in den stärksten Fernröhren nur als untheilbare Lichtpuncte flimmern, fast eben so stark wie Jupiter, der einen Durchmesser von wenigstens $30''$ hat (§. 111.).

§. 158.

Indem Bradley gegen die Mitte des 18ten Jahrhunderts die sorgfältigsten Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne anstellte, entdeckte er an diesen Himmels-

körpern kleine Bewegungen, die einer jährlichen Parallaxe gerade zu entgegen waren. Er bemerkte nämlich, daß der helle Stern γ im Drachen, der dem Nordpol der Ekliptik sehr nahe steht, im September um 40″ weiter gegen Norden stand als im März; welches sich mit der Annahme einer Parallaxe nicht vereinigen ließ. Denn wenn er im Sept. den Stern von A aus (Fig. 29.) bey dem Puncte C sah; so beobachtete er ihn nach einem halben Jahre, wo sich die Erde auf der entgegengesetzten Stelle B ihrer Bahn befand, bey D in der geraden Linie BD, welche mit AC parallel ist, keinesweges aber nach der Richtung BC, in der er doch hätte erscheinen müssen, wenn eine von der Bewegung der Erde herrührende Parallaxe merklich gewesen wäre. Bey fortgesetzter Beobachtung fand Bradley, daß überhaupt alle in der Nähe des Pols der Ekliptik befindlichen Sterne jährlich einen kleinen Kreis, dessen Halbmesser = 20″ ist, alle übrigen der Ekliptik nähern Sterne aber Ellipsen beschreiben, deren größere, der Ekliptik parallele halbe Axen ebenfalls = 20″ sind; daß die kleinen Axen sich zu den großen, wie die Sinus der Breite der Sterne zum Sinus totus verhalten, und daß daher die Sterne, welche in der Ekliptik selbst stehen, ein halbes Jahr lang bloß an 20″ vorwärts, und ein halbes Jahr lang 20″ rückwärts gehen, ohne sich jedoch im Geringsten südlich oder nördlich von der Ekliptik zu entfernen. Bradley überzeugte sich endlich, daß diese anfänglich ihm ganz unerklärlichen Erscheinungen ihren Grund bloß in der allmäligen Fortpflanzung des Lichts und der progressiven Bewegung der Erde haben könnten. Diese Erklärung ist so natürlich, und stimmt mit allen seitdem angestellten Beobachtungen so genau überein, daß man an ihrer Richtigkeit nicht zweifeln kann.

In der Zeit nämlich, da das Licht den Halbmesser der Erdbahn durchläuft, d. h. in 8′ 13″ (§. 118.), beschreibt die Erde in ihrer Bahn einen Bogen oder Winkel von 20″, der in Theilen des Halbmessers 0,0000098175 $= \frac{1}{10186}$ beträgt. Die Geschwindigkeit des Lichts verhält sich dem-

nach zur Geschwindigkeit der progressiven Bewegung der Erde wie 10186 zu 1. Nun sey, wie wir jetzt annehmen wollen, AB (Fig. 29.) nur ein kleines Stück der Erdbahn, C ein Stern, dessen Licht nach der Richtung CA in das Auge des Beobachters in A kommt. Wenn die Erde nach B gelangt ist; so wird der Stern nicht mehr, wie vorher, in C, sondern in dem Puncte D einer mit AC parallelen Linie BD gesehen. Denn man theile AB in die gleichen Theile Aa, ab, bc, cd, dB, und ziehe die mit AC und BD parallelen ae, bf &c. AB verhalte sich zu CB, wie 1 : 10186. Wenn nun die Erde von dem Puncte A wegrückt, und die Bewegung des von dem Sterne C ausgehenden Lichtstrahls nach der Richtung CB, welche auf AB senkrecht ist, ihren Anfang nimmt; so begreift man leicht, daß, wenn die Erde in a eingetroffen ist, der Lichtstrahl nach i, welches der Punct ist, wo die Linie ae die Linie BC schneidet, gekommen seyn, und der Stern in der Richtung ai gesehen, oder nach dem Puncte des Himmels e hinausgesetzt werden wird. Ist die Erde nach b gekommen, so hat sich der Lichtstrahl auf gleiche Weise bis k bewegt, weshalb man den Stern in f zu sehen glaubt. Hat die Erde nach einander die Puncte c, d, B erreicht, so ist der Lichtstrahl in l, m und B eingetroffen, der Stern aber erscheint nach und nach in g, h, und zuletzt in D. — Wenn CA die Axe eines in A nach dem Sterne C gerichteten Fernrohrs vorstellt, welches mit der Richtung der Bewegung der Erde AB den Winkel BAC macht; so muß das Rohr, während es mit der Erde von A nach B rückt, eine mit AC immerfort parallele Lage behalten, damit der Lichtstrahl nicht von der Axe desselben abweiche. Die Länge des Fernrohrs ist freylich gegen die Geschwindigkeit des Lichts unendlich klein, aber die Geschwindigkeit des Rohrs ist mit letzterer vergleichbar. Das Auge empfängt nun in B den Strahl durch das nach BD gerichtete Rohr, und muß den Ort des Sterns längst BD hinaus am Himmel setzen; es sieht folglich den Stern um den W. DBC von seinem wahren Orte entfernt. Dieser Winkel heißt die Abirrung oder Aberration

des Lichts (Aberrationswinkel); er ist am größten, wenn die Richtung des Laufs der Erde senkrecht auf CB steht, und ist in diesem Falle 20″ auf der einen oder der andern Seite von CB, je nachdem sich die Erde von A nach B, oder von B nach A bewegt. Ist CBA spitz oder stumpf, so ist der Abweichungswinkel kleiner als 20″; daher scheinen die Sterne eine Ellipse um ihren wahren Ort zu beschreiben, deren halbe große Axe = 20″ erscheint.

So läßt sich denn die so merkwürdige Abirrung des Lichts aus der combinirten Bewegung des Lichts und des Auges auf das befriedigendste erklären. Sie ist folglich ein neuer, und zwar unmittelbarer (directer) Beweis für die progressive Bewegung der Erde; so wie auf der andern Seite die bereits früher gemachte Entdeckung der Schnelligkeit der Lichtfortpflanzung dadurch vollkommen bestätigt wird.

Da durch Aberration alle Gestirne, auch die Sonne und die Planeten ꝛc. eine scheinbare, periodische Ortsveränderung erleiden; so hat man Tafeln berechnet (Aberrationstafeln) *), vermittelst deren die scheinbaren Oerter corrigirt und auf die wahren zurückgebracht werden.

Anmerk.

*) Sie sind gemeiniglich mit den Nutationstafeln verbunden; s. §. 83. Anm. 3.

V. Capitel.

Wahre Einrichtung des Sonnensystems. Blicke in das unermeßliche Weltgebäude.

§. 159.

Wir wollen jetzt die Einrichtung unsers Sonnensystems, wie wir sie bisher kennen gelernt haben, in einer kurzen Darstellung zusammenfassen.

Die Sonne ist der leuchtende Hauptkörper des ganzen Systems; sie thront in der Mitte desselben und dreht sich in etwa $25\frac{1}{2}$ Tagen von West nach Ost einmal um ihre Axe. Um sie herum laufen eilf an sich dunkle Kugeln, die Planeten, in wenig gegen einander geneigten Ebenen, und nach einerley Richtung, nämlich von Abend nach Morgen, in folgender Ordnung: Mercurius, Venus, Erde, Mars, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Jupiter, Saturnus, Uranus. — Einige Planeten werden von kleinern Körpern, in deren Bahnen sie den Centralsitz einnehmen, und zwar die Erde von einem, Jupiter von vier, Saturnus von sieben, Uranus von sechs Monden oder Trabanten, Saturnus außerdem noch von einem doppelten Ringe, auf ihrer Reise um die Sonne begleitet. Diese untergeordneten Körper, achtzehn an der Zahl (ohne den Ring des Saturnus) haben folglich eine sehr zusammengesetzte Bewegung, indem sie sich a) um ihren Hauptplaneten, b) mit diesem um die Sonne, aber auch noch c) während ihres synodischen Umlaufs einmal um ihre Axen drehen. — Auch die Planeten schwingen sich, jedoch in verschiedenen und in Verhältniß zu ihren siderischen Umlaufszeiten sehr kurzen Perioden, um eine gegen die Ebene ihrer Bahnen mehr oder weniger geneigte, während ihres Umlaufs um die Sonne sich immerwährend selbst parallel bleibende Axe, wodurch nicht nur eine Abwechselung von Tag und Nacht, sondern auch eine merkliche Verschiedenheit der Tages- und Jahreszeiten auf ihren Oberflächen bewirkt wird. — Außer den Planeten bewegt sich eine zwar nicht genau bekannte, aber unstreitig sehr große Zahl von Kometen in sehr

excentrischen Bahnen nach allen Richtungen hin um die Sonne, so daß diese Himmelskörper alle Räume, welche die Planetenbahnen übrig lassen, durchlaufen, und wir uns also das Sonnensystem wie eine Kugel, oder vielmehr wie eine Ring-Sphäre, deren größter Durchmesser den der äußersten Planetenbahn vielmal übertrifft, vorstellen müssen.

Eine ungefähre Ansicht dieses Systems giebt die 22ste Figur, in welcher die Bahnen der Planeten als Kreise, und ohne Rücksicht auf die verhältnißmäßigen Abstände von der Sonne gezeichnet sind. Die Gegend, in welcher sich die 4 neuen Planeten befinden, ist bloß durch einen einzigen, zwischen dem ♂ und dem 24 gezogenen Kreis angedeutet. Die punctirten Bogenstücke stellen Theile von 5 Kometenbahnen vor, davon die 1ste zwischen ☉ und ☿, die 2te zwischen ☿ und ♀, die 3te zwischen ♀ und ♁, die 4te zwischen ♁ und ♂, die 5te zwischen ♂ und 24 hindurchgeht *).

Anmerk.

*) Für Freunde der lat. Poesie sey hier angeführt: *Systema Solare*, carmine latino descriptum a G. L. *Schulze*. Adjectae sunt notae, quibus cum res tum verba paullo obscuriora breviter explicantur, et IX Tabulae astron. Lips. apud G. J. Goeschen. 1817. 8.

§. 160.

Nehmen wir die Entfernung des nächsten Fixsterns von uns auch nur zu 100000 Durchmessern der Erdbahn an (§. 157.), so gebraucht das Licht, vermöge der ihm eigenen Schnelligkeit (§. 118. und 158.), fast $3\frac{1}{3}$ Jahre, um von dem Sterne in unser Auge zu gelangen. Ist ein Stern von der 10ten Größe 10mal entfernter als der nächste Fixstern von der ersten, so würde das Licht, das er uns jetzt zusendet, schon vor 32 Jahren von ihm ausgegangen seyn. — Wenn Uranus, der fernste aller bis

jetzt bekannten Planeten, einen 19mal größern Abstand von der Sonne hat als die Erde (s. das folg. Cap.); so langt das Sonnenlicht nach 2 St. 36′ 7″ auf ihm an, und wenn, wie sich ohne Uebertreibung annehmen läßt, der äußerste Komet sich um 400 Halbmesser der Erdbahn von der Sonne entfernt, so wird von dieser aus das Licht doch schon nach 2 Tagen bey ihm ankommen. Welcher Unterschied findet also zwischen dem Abstande des entferntesten Körpers unsers Sonnensystems und der Entfernung des nächsten Fixsterns von unserer Sonne Statt! Mag auch der Halbmesser des ganzen Sonnengebiets 400 Halbmesser der Erdbahn betragen, so bleibt doch immer noch ein leerer Raum von wenigstens 200000 solcher Halbmesser zwischen unserer Sonne und dem nächsten Fixsterne, und es läßt sich denken, daß der Raum zwischen je zwey Fixsternen eben so groß, ja zum Theil noch viel größer seyn wird. Die weise Sparsamkeit der Natur, die allenthalben, im Großen wie im Kleinen, sichtbar ist, läßt vermuthen, daß Ursachen von der größten Wichtigkeit jene ungeheuern Zwischenräume nöthig machten. Höchstwahrscheinlich ist nämlich jeder Fixstern, so wie unsere Sonne, von einer großen Menge von Planeten und Kometen umgeben, macht also mit diesen ein eigenes Sonnensystem aus; oder es giebt so viele Sonnensysteme, als es Fixsterne giebt. So wie aber die Körper unsers Systems durch ihre anziehende Kraft, welche überhaupt eine allgemeine Eigenschaft aller Materie ist, auf einander wirken, und deshalb (um nämlich nicht allzu nachtheilige Störungen in ihren gegenseitigen Bewegungen zu erleiden) durch große Zwischenräume von einander gesondert sind; so waren da, wo die Massen ganzer Sonnensysteme auf einander wirken, verhältnißmäßig noch weit größere Zwischenräume nöthig, wenn jedes System noch ein für sich bestehendes Ganze ausmachen, und — seine Bewegung ohne völlige Zerrüttung verrichten sollte. Denn auch der Sonne und den Fixsternen müssen wir, aus eben den physischen Gründen, woraus die Bewegung der Erde folgt (§. 148. und 149.),

eine eigene Bewegung (bey der sie also ihr ganzes Gefolge von Planeten und Kometen eben so mit sich fortziehen, wie z. B. Jupiter seine 4 Trabanten bey seinem Umlaufe um die Sonne) beylegen. Ohne eine Seitenbewegung, welche jeden Stern um einen größern Centralkörper, wie die Planeten um die Sonne, führt, würden jene gewaltigen Körper, ungeachtet ihrer gegenseitigen, sehr beträchtlichen Abstände, durch die Stärke ihrer Attractionskraft nachtheilige Wirkungen gegen einander äußern; die nächsten Sterne würden nach und nach in einander stürzen und hierdurch eine endliche Zerrüttung des Ganzen herbeyführen. — In Hinsicht unserer Sonne haben wir bereits einen besondern Umstand (§. 128.) kennen gelernt, der auf eine eigene Bewegung schließen läßt. Aus ihrer Rotation folgt nämlich, daß sie einst einen Stoß erhalten hat, der ihr nothwendig zugleich eine fortschreitende Bewegung geben mußte (vergl. §. 148.). Da nun die Fixsterne nichts anderes als Sonnen sind; so ist kein Grund vorhanden, daß ihnen nicht auf gleiche Weise eine rotatorische und progressive Bewegung mitgetheilt worden sey.

In neuern Zeiten hat man auch in der That Ortsveränderungen an mehrern Sternen entdeckt, die von den übrigen scheinbaren Bewegungen der Fixsterne (z. B. der Präcession, Nutation, Aberration ꝛc., selbst von einer Verrückung durch die Parallaxe der Erdbahn) gänzlich verschieden sind, und theils ihrer eigenen oder absoluten Bewegung, theils einem Fortrücken unserer Sonne (oder einer Parallaxe der wirklichen Sonnenbahn) zugeschrieben werden müssen. Nach Herschel's sorgfältigen Beobachtungen geht die Richtung der eigenen Bewegung unserer Sonne in diesem Jahrhunderte nach dem westlichen Knie des Hercules hin. Am Arcturus ist eine eigene Bewegung am merklichsten; denn sie beträgt seit 50 Jahren an 2′, was jährlich etwa $2\frac{1}{2}''$ ausmacht. Dieser Fixstern mag also wohl unserer Sonne zunächst stehen. Ruhe kann nirgends im Weltall seyn, und es wird so wenig im eigentlichen Sinne einen Fixstern, (stellam fixam, immobilem)

geben, als es eine ruhende Erde, oder einen ruhenden Planeten giebt. Da aber der Schauplatz jener großen Bewegungen fast unendlich weit von uns entfernt ist; so darf man sich nicht wundern, daß sie uns so langsam erscheinen und erst nach beträchtlichen Zeiträumen merklich werden. Die künftigen Jahrhunderte werden daher auch über diese höchst wichtigen Gegenstände genauere Aufschlüsse geben.

§. 161.

Dem Anscheine nach sind die Fixsterne ohne bestimmte Ordnung im Weltraume vertheilt. Allein die nähere Untersuchung der merkwürdigen Beschaffenheit, Lage und Gestalt der Milchstraße leitet zu der mehr als wahrscheinlichen Vermuthung, daß alle die zahllosen Sterne, aus welchen dieser Lichtgürtel (ein das Firmament gleich dem Regenbogen umgebender Strahlenkranz, in welchem jedes Pünktchen nicht ein Regentropfen, sondern ein Funke ist, und jeder Funke eine Sonne, von Millionen bevölkerter Planeten und Kometen umgeben) besteht, so wie diejenigen, welche in den übrigen Theilen des Himmels zerstreut erscheinen, zusammen eine unermeßlich weit ausgedehnte Gruppe bilden, auf die sich die einzelnen Sonnensysteme (alle Partialsysteme), und darunter auch das unsrige, so beziehen, wie die Planeten unserer Sonne auf den Thierkreis. Was ein Sonnensystem im Kleinen ist, wird dann das Milchstraßensystem, das aber wahrscheinlich wieder aus einer Menge von Sternhaufensystemen zusammengesetzt ist, im Großen seyn. Welche Vorstellung sollen wir uns von den Centralkörpern machen, durch welche diese kleinern und größern Fixsternsysteme regiert werden? Wohnen hier vielleicht Geister, die mit weitumsehenden Blicke die Einrichtung jener unermeßlichen Gruppen eben so zu durchschauen vermögen, als kurzsichtigere Menschen die Anordnung des uns zunächstliegenden Theils unsers Planetensystems? — Die unzählige Menge von teleskopischen Sternen, die man dicht neben einander in immer mattern Schimmer in der Milchstraße erblickt,

beweiſet uns die unergründliche Tiefe derſelben. Das Licht wird Jahrhunderte brauchen, um von vielen, und Jahrtauſende, um von den äußerſten jener Sterne zu uns zu kommen. Entfernen wir uns in Gedanken jenſeits der Milchſtraße um mehrere Durchmeſſer derſelben, ſo würde ſie uns endlich unter der Geſtalt eines kleinen Lichtwölkchens erſcheinen, ſo wie dieſes Wölkchen umgekehrt wieder die Geſtalt, die Größe und den Schimmer der Milchſtraße annehmen würde, wenn wir uns ihr allmälig näherten. Es iſt daher höchſt wahrſcheinlich, daß die ſogenanten Nebelflecken, deren man in neuern Zeiten ſo viele am Himmel entdeckt hat (§. 30.), und die ſich zum Theil wirklich durch die ſtärkſten Teleſkope in einzelne Lichtpuncte auflöſen laſſen, nichts anderes als Milchſtraßen ſind, die wenigſtens um 100 ihrer Durchmeſſer von uns entfernt ſind. Die gegenſeitigen Abſtände der Sterne, die gruppenweiſe zu Syſtemen von höherm Range vereinigt ſind, und mit dieſen ein ganzes Milchſtraßenſyſtem bilden, ſind zum wenigſten 200000mal größer, als die Entfernung der Sonne von der Erde (§. 160.); man kann alſo von der ungeheuern Ausdehnung dieſer Nebelfleckenſyſteme nach der unzählichen Menge der Sterne urtheilen, die man in unſerer Milchſtraße ſieht. Das Licht braucht, nach Herſchel's Schätzung, über 2 Millionen Jahre, um von dem entfernteſten Nebelflecken, der durch das 40füßige Teleſkop entdeckt ward, zur Erde zu gelangen; woraus man ſich einen richtigern Begriff, als ihn die gemeine Meinung giebt, vom Alter der Welt machen kann. Die einzelnen Sterne und Partialſyſteme eines jeden Nebelflecken erkennen wahrſcheinlich die Macht einer gemeinſchaftlichen Centralſonne an, oder ſammeln ſich durch gegenſeitige Attraction um ihren Schwerpunct, um Syſteme zu bilden, die vielleicht durch die Herrſchaft eines noch größern Centralkörpers, oder durch ihre Bewegung um einen gemeinſchaftlichen Schwerpunct zu einem Ganzen vom höchſten Range vereinigt werden. [1]). Doch es iſt zu zweifeln, daß unſere Vorſtellung ſich zur höchſten Sproſſe der Stufenleiter, nach der die Allmacht des Unendlichen die Welten-

systeme geordnet hat, zu erheben fähig sey. Aber auch der geringe Theil des unermeßlichen Weltalls, den unsere Einbildungskraft zu umfassen vermag, zeigt uns die Größe des Schöpfers im herrlichsten Glanze [2]). Wir können bey der Betrachtung desselben nicht verweilen, ohne die Verblendung der Thoren zu bemitleiden, die alle ihre Wünsche, Entwürfe und Bestrebungen auf den kleinen Erdhaufen beschränken, den sie jetzt bewohnen [3]); ohne die großen Aussichten, welche der Himmel mit seinen Wundern uns öffnet, durch harmonisches Mitwirken zur Erreichung des sittlichen Weltplans uns tröstlich und erfreulich zu machen.

Anmerk.

1) Die kurzen Andeutungen dieses §. findet man in folg. Schriften weiter ausgeführt: Lambert's Kosmologische Briefe ꝛc. Augsb. 1761. 8. (ins Französische übersetzt mit vielen Anmerk. ꝛc. v. Baron Utenhove, Amsterd. 1801. 8.); Kant's Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels ꝛc. 4. Aufl. Zeitz, 1808. 8.; Herschel's Abhandlungen über den Bau des Himmels, aus dem Engl. übersetzt. Königsb. 1791. 8. (Auszüge und Nachträge dazu in mehrern Bänden des Berl. Jahrb.); Bode's allgemeine Betrachtungen über das Weltgebäude. 3. Aufl. Berl. 1808. 8. (eine Erweiterung des letzten Abschnitts der Anl. z. K. des gest. H.); Schubert im 3ten, und Brandes im 4ten Th. ihrer öfters genannten Werke.

2) Quid potest esse tam apertum, tamque perspicuum, cum coelum suspeximus coelestiaque contemplati sumus, quam esse aliquod Numen *praestantissimae mentis*, quo haec regantur? *Cic.* de Nat. Deor. II. 2. — — Illic demum animus discit, quod diu quaesivit, *illic incipit*, *Deum nosse*. *Seneca*, Praef. L. I. Quaest. nat.

At Tu, qui stabili imperio, qnaecunque capaci
Sidera complexu spatium revolubilis ambit
Immensum mundi, nullo auxiliante gubernas,
Alme Parens rerum, pura mihi mente coleris,
Dum fruar albicomi fugitiva luce diei,
Et sursum rapto nox dum mihi roscida pandet
Sparsa per astriferos late miracula campos.
(*Systema Solare* etc. V. 198. sqq.)

3) O quam ridiculi sunt mortalium termini! *Punctum* est illud, in quo navigatis, in quo bellatis etc. *Seneca*, ibid.; cf. *Plin.* Hist. nat. L. II. C. 68.

VI. Capitel.

Wahre Bahnen und Bewegungsgesetze der Planeten und ihrer Trabanten.

§. 162.

Da wir jetzt wissen, daß die Erde um die Sonne läuft, so muß das, was im I. Abschnitte (§. 64. 65.) von dieser gesagt worden ist, auf jene angewendet werden. Indem wir aber die Erde sich bewegen lassen, bleibt die Bewegung der Sonne dieselbe, wie sie uns wirklich erscheint, und wir müssen, um den heliocentrischen Ort der Erde anzugeben, ihn jedesmal genau um 180° von dem geocentrischen Orte oder von der Länge der Sonne verschieden annehmen. — Wir erhalten also folgende zwey, den Beobachtungen genau entsprechende Gesetze:

1) Die Erde bewegt sich nicht in einer kreisrunden, sondern in einer elliptischen Bahn um die Sonne. Die Ellipse AFPA (Fig. 3.) sey also die Bahn der Erde; so ist in M, als in dem einen Brennpuncte (der andere liegt in m), die Sonne; C ist der Mittelpunct, ACP die große Axe oder die Apsidenlinie, pa die kleine Axe, CM = Cm die Excentricität der Erdbahn. Der Punct P heißt nun das Perihelium oder die Sonnennähe, der Punct A das Aphelium oder die Sonnenferne. PM ist die kleinste, AM die größte, und aM = pM = am die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne.

2) Der Radius Vector der Erde beschreibt in gleichen Zeiten nicht gleich große Bogenstücke, sondern gleiche Flächenräume, wie RMr = GMF = tMT = DMP um die Sonne in M, so daß sich überhaupt die Umlaufszeit der Erde zu der Zeit, da sie von einem Puncte ihrer Bahn, wie dem Aphelio A, zu einem andern F kommt, wie die ganze Fläche der Ellipse zu dem Flächenraume AMFA verhält. Dieser Raum

ist also der Zeit proportional, und drückt die mittlere Anomalie (§. 59.) aus; die wahre ist der Winkel AMF.

§. 163.

Die Analogie läßt uns vermuthen, daß die Erde die genannten zwey Gesetze, nach denen sich ihre Bewegung um die Sonne richtet, mit allen übrigen Planeten gemein haben werde. Die Beobachtungen bestätigen diese Vermuthung vollkommen und verwandeln sie in Gewißheit. Die Astronomie verdankt die höchst wichtige Entdeckung der Allgemeinheit jener Bewegungsgesetze dem unermüdeten Forschungsgeiste und dem bewundernswürdigen Scharfsinne Johann Kepler's*) (also ebenfalls eines Deutschen; vergl. die Anm. zu §. 147.), der sie zuerst an dem Mars machte, und nachher auf alle übrigen Planeten ausdehnte. Den Gang der vieljährigen und höchst mühseligen Untersuchungen, welche Kepler über die Bahn des ♂ anstellte, lernt man einigermaßen aus §. 59. bis 63. kennen. Kepler legte dabey die vortrefflichen Beobachtungen Tycho's zum Grunde, die er anfänglich mit einer excentrischen Kreisbewegung in Uebereinstimmung zu bringen sich bemühete, bis er endlich nach langem vergeblichen Suchen — weil, nachdem er die größte und kleinste Entfernung des ♂ von der ☉ den Beobachtungen gemäß festgesetzt hatte, die andern Entfernungen, die er aus zwey Standpuncten in der Erdbahn fand, sich nicht in den Kreis fügen wollten, sondern immer kleiner blieben, als sie die Theorie gab — sich überzeugte, daß die Bahn des ♂ durch keine Art von Kreisbewegung vollkommen dargestellt werden könne, und mit freudigem Erstaunen fand, daß die Ellipse allein den Beobachtungen völlige Gnüge leiste. Kepler wendete das glücklich gefundene Resultat seiner Forschungen vom ♂ auf alle damals bekannten Planeten an; und auf dieser Annahme, deren Richtigkeit auch an den seit dem entdeckten 5 neuen Planeten (§. 37.) sich bewähret hat, beruhet die ganze neuere Astronomie (vergl. §. 167.).

Wir können also die Ellipse AFPA (Fig. 3.) für die Laufbahn eines jeden Planeten gelten lassen, nur mit der Einschränkung, daß die Excentricität CM oder die Entfernung des Mittelpuncts C der Ellipse von dem Brennpuncte M, den die Sonne einnimmt, und welcher der einzige Punct ist, den alle Planetenbahnen (so wie alle Kometenbahnen) mit einander gemein haben, ingleichen die große Axe, ihre Lage, und die Lage der elliptischen Ebene, in jeder Bahn verschieden ist. A stellt allemal das Aphelium, P das Perihelium vor u. s. w. Bogen wie Rr und Tt, BD und FG werden von den Planeten in gleicher Zeit zurückgelegt, und der Augenschein lehrt, daß sie mit der Annäherung eines Planeten gegen das Perihelium P größer werden, daß folglich dessen Bewegung um so schneller wird, je näher er der ⊙ kommt. Der Unterschied der im Perihelio und Aphelio in gleichen Zeiten zurückgelegten Bogen ist um so beträchtlicher, je größer die Excentricität CM einer Planetenbahn ist.

Anmerk.

*) Er war geb. zu Wiel im Würtembergischen d. 27. Decemb. 1571, und starb zu Regensburg d. 15. Nov. 1631. Seine wichtigen Entdeckungen über die elliptische Bewegung der Planeten machte er in dem Werke bekannt: Astronomia nova *αἰτιολόγητος*, s. Physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observationibus Tychonis de Brahe etc. Pragae 1609. Fol. — *La Place* sagt in seiner Expos. du Syst. etc. T. II. Liv. V. Chap. 4. von ihm: „Kepler est un de ces hommes rares, que la nature donne de temps en temps aux sciences, pour en faire éclore les grandes théories préparées par les travaux de plusieurs siècles“; — und *Bailly* in der Hist. de l'Astron. mod. T. II §. 3.: „Il est le veritable fondateur de l'Astronomie moderne; *c' est un présent, que la Germanie a fait à l'Europe.*“

§. 164.

Die angezeigten Gesetze des planetarischen Laufs — daß nämlich die Planeten a) in elliptischen Bahnen um die in dem einen Brennpuncte befindliche

Sonne herumgehen, und zwar b) so, daß die durch den Radius Vector um die Sonne beschriebenen Flächen (elliptischen Sectoren) den dazu gebrauchten Zeiten proportionirt sind — reichen hin, um die Bewegung der Planeten um die Sonne zu bestimmen. Man muß aber für jeden unter ihnen sieben Größen (Elemente; vergl. §. 125.) kennen, die ganz unabhängig von einander sind. Fünf dieser Elemente beziehen sich auf die eigenthümliche Figur der Ellipse und auf die Bewegung des Planeten in derselben, nämlich 1) die halbe große Axe der Bahn, oder die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne; 2) die Excentricität; 3) die Länge der Sonnenferne für eine gewisse gegebene Zeit; 4) die mittlere Länge des Planeten für dieselbe Zeit, oder die Epoche; 5) die siderische Umlaufszeit. — Die beyden übrigen Elemente betreffen die Lage der Bahn, und sind 6) die Länge der Knoten der Bahn, oder die Durchschnittspuncte derselben mit der Ebene der Ekliptik für eine gewisse Zeit, und 7) die Neigung der Bahn gegen diese Ebene.

Mehrere dieser Elemente, als die Knotenlinie und die Neigung der Bahn, die Lage der Apsidenlinie und die halbe große Axe, so auch die Gleichung des Mittelpuncts, werden für die Ellipse eben so gefunden wie für die Kreisbahn (s. §. 62.); die Excentricität hingegen erfordert eine ganz andere Rechnung, die sich ohne tiefere Kenntniß der Analysis eben so wenig verstehen läßt, als die in den neuern Zeiten durch den höhern Calcul möglich gewordene directe Auflösung des berühmten Kepler'schen Problems: aus der mittlern Anomalie die wahr AMF zu finden *).

Die elliptischen Bahnen der Planeten sind nicht völlig constant. Die großen Axen derselben scheinen immer dieselben zu bleiben; aber ihre Excentricitäten, ihre Neigungswinkel gegen die Ekliptik, die Lage ihrer Knoten und ihrer Perihelien sind Veränderungen unterworfen, deren Zunahme der Zeiten proportionirt ist, und die man, da sie erst nach

Jahrhunderten merklich werden, Säcular-Ungleichheiten nennt. Außerdem zeigen die Beobachtungen noch kleine periodische Ungleichheiten, welche die elliptische Bewegung der Planeten stören. In Hinsicht der Erde ergiebt sich dieß aus dem, was oben (§. 65.) von der Sonne bemerkt worden ist. Am merklichsten sind jene Störungen in der Bewegung des 24 und des ♄. Aus der Vergleichung älterer Beobachtungen mit den neuern haben die Astronomen eine Abnahme der Umlaufszeit des 24, und eine Zunahme der des ♄ gefunden. Vergleicht man aber bloß die neuern Beobachtungen unter einander, so zeigt sich das Gegentheil; was offenbar auf große Ungleichheiten in dem Laufe jener großen Planeten, deren Perioden sehr lang seyn müssen, hindeutet. Diese und andere Ungleichheiten geben deutlich zu erkennen, daß es in dem Planetensysteme, unabhängig von der Grundursache der elliptischen Bewegung eines jeden Planeten, noch besondere Ursachen gebe, welche kleine Störungen in dem Laufe der Planeten bewirken, und mit der Länge der Zeit die Elemente ihrer elliptischen Bahnen verändern.

Anmerk.

*) Die eigentliche Aufgabe besteht darin: aus der Fläche eines elliptischen Sectors um den Brennpunct den Winkel am Brennpunct und den Radius Vector der Ellipse zu finden. Kepler hielt die Lösung dieses Problems auf einem directen Wege nicht für möglich, und versuchte sie selbst durch eine indirecte Methode, gleichsam durch eine Art von Regula Falsi. Daher sagt er De motibus Stellae Martis, p. 300.: „adhortor Geometras, ut mihi solvant hoc problema etc. — Mihi sufficit credere, solvi a priori non posse. — Erranti mihi quicunque viam monstraverit, is erit mihi magnus Apollonius.“

§. 165.

Folgende Tafeln stellen die Elemente aller Planeten nach den neuesten Berechnungen *) dar. Einige derselben, wie

*) Sie sind in Hinsicht der ältern Planeten aus La Place's Exposit. und De Lambre's Astronomie, in Hinsicht der 4 neuen aus der Zeitschr. f. Astronomie u. den neuesten Berl. Jahrb. entlehnt.

Sideralumlauf und die Neigung der Bahn, sind schon theilweise und nur ungefähr im Vorherigen angemerkt worden. Zu dem siderischen Umlauf ist für die ältern Planeten noch der tropische hinzugekommen.

A.

	(a) Sideral-Umläufe.				(b) Tropische Umläufe.				(c) Halbe große Axen.
	Tage.	St.	M.	S.	Tage.	St.	M.	S.	
Mercurius	87	23	15	43	87	23	14	32	0, 387098
Venus	224	16	49	11	224	16	41	28	0, 723331
Erde	365	6	9	8	365	5	48	48	1, 000000
Mars	686	23	30	39	686	22	18	30	1, 523692
Vesta	1325	10	6		=	=	=		2, 363190
Juno	1593	0	2		=	=	=		2, 670351
Ceres	1681	13	4		=	=	=		2, 767220
Pallas	1684	2	0		=	=	=		2, 771880
Jupiter	4332	14	18	41	4330	14	30	28	5, 202791
Saturnus	10758	23	16	34	10746	16	41	35	9, 538770
Uranus	30688	17	6	16	30589	1	24	27	19, 183305

B.

	(d) Excentricitäten.	(e) Mittlere Längen d. 1. Jan. 1801, mittl. Zeit zu Paris.				(f) Mittlere Länge der Perihelien, für dieselbe Epoche.			
Mercur.	0, 20551494	5 Zeich.	13°	56′	27″	2 Z.	14°	21′	47″
Venus	0, 00686074	0	10	44	35	4	8	37	1
Erde	0, 01685318	3	10	9	13	3	9	30	5
Mars	0, 09330700	2	4	7	2	11	2	24	24
Jupiter	0, 04816365	3	22	12	36	0	11	8	35
Saturn	0, 05613161	4	15	20	31	2	29	8	58
Uranus	0, 04667030	5	27	47	17	5	17	21	42

C.

	(g) Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik, für den 1. Jan. 1801.	(h) Länge der aufsteig. Knoten, f. dieselbe Zeit.
Mercurius	7° 0′ 0″, 0	♊ 15° 57′ 31″
Venus	3 23 35 , 0	2 14 52 39
Mars	1 51 0 , 0	1 18 1 28
Jupiter	1 18 51 , 5	3 8 25 34
Saturnus	2 29 38 , 1	3 21 55 46
Uranus	0 46 26 , 0	2 12 51 14

D.

Die elliptischen Elemente der 4 neuen Planeten werden noch immer verbessert. Außer dem, was unter A. mit vorkommt, ist neuerdings hierüber Folgendes bekannt geworden:

(a)

Vesta.

Excentricität	0,0899325
Mittl. Länge den 13. Jan. 1821. Mittl. Par. Zeit	121° 6′ 3″,9
Länge des Perihel.	249 26 33 ,9
— — ☊	103 13 56 ,9
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	7 7 50 ,7

(b)

Juno.

Excentricität	0,2543610
Mittl. Länge den 24. Jul. 1821. Merid. v. Mannheim	329° 30′ 58″,42
Länge des Perihel.	53 33 5 ,52
— — ☊	171 9 23 ,49
Neigung der Bahn	13 3 47 ,85

(c)

Ceres.

Excentricität			0,0781589
Mittl. Länge den 1. Jan. 1818. Götting.			
Merid.	326°	51′	7″
Länge des Perihel. . . .	147	18	22
— — ☊ . . .	80	45	19
Neigung der Bahn . . .	10	37	55

(d)

Pallas.

Excentricität			0,2416480
Mittl. Länge d. 10. Jun. 1812. Götting.			
Merid.	239°	4′	46″
Länge des Perihel. . . .	121	0	48
— — ☊ . . .	172	32	44
Neigung der Bahn . . .	34	34	55

Diese 4 kleinen Körper haben nahe dieselben mittlern Entfernungen von der Sonne; auch sind ihre Umlaufszeiten nicht allzu sehr von einander verschieden. Am nächsten kommen in beyden Stücken Ceres und Vesta einander. Indeß sind die Bahnen jener 4 Planeten, vermöge ihrer großen Excentricität, und der beträchtlichen Winkel, unter denen sie sich schneiden, so in einander verkettet, daß sie ungestört ihren Lauf um die Sonne verrichten können, ohne zusammenzutreffen, obgleich ihre Bahnen sich wirklich zuweilen schneiden. Man s. Fig. 30., wo aber (so wie in Fig. 22., 23., 31. ꝛc.) die Bahnen so gezeichnet sind, als ob sie in einerley Ebene lägen, so daß sie an vielen Orten sich zu durchkreuzen scheinen, da sie doch eigentlich nur über und unter einander hinlaufen. Man kann sich diese Verkettung deutlicher vorstellen, wenn man nach den bisherigen Angaben Ringe um den Mittelpunct einer kleinen Sonnenkugel, welche

von einem senkrecht auf einer ebenen Fläche (einem Tischblatte ꝛc.) errichteten Stäbchen getragen wird, herumlegt, und diese Ringe da, wo ihre Knoten hinfallen, unterstützt. Man muß aber auch innerhalb derselben noch die Erdbahn in verhältnißmäßiger Entfernung von der Sonne durch einen besondern, mit der Fläche des Tisches ꝛc. parallelen Ring vorstellen. Auf diese Art (man kann sich eines ähnlichen Versinnlichungsmittels auch für die übrigen Planeten bedienen) wird man sich zugleich die Neigung der Bahnen jener Körper gegen die Erdbahn oder die Ekliptik vollkommen veranschaulichen.

§. 166.

In abgekürzten Zahlen betragen die siderischen Umlaufszeiten

bey dem	Mercurius	$\frac{1}{4}$	Jahr =	88 Tage.
— der	Venus	$\frac{5}{8}$	— =	$224\frac{2}{3}$ —
— der	Erde	1	— =	$365\frac{1}{4}$ —
— dem	Mars	$1\frac{7}{8}$	Jahre	— —
— der	Vesta	$3\frac{5}{8}$	—	— —
— —	Juno	$4\frac{3}{8}$	—	— —
— —	Ceres }	$4\frac{3}{5}$	—	— —
— —	Pallas }			
— dem	Jupiter	$11\frac{7}{8}$	—	— —
— —	Saturnus	$29\frac{2}{5}$	—	— —
— —	Uranus	84	—	— —

Vergleicht man diese Umläufe (den des ☿ = 1 gesetzt) mit den ebenfalls in kleinen Zahlen ausgedrückten mittlern Abständen und den Excentricitäten, so hat man folgende, leicht zu übersehende Verhältnisse:

Planeten:	☿	♀	♁	♂	☐	⚳	⚴	⚵	♃	♄	☉
a) Umlaufszeiten.	1	$2\frac{1}{2}$	4	8	15	18	19	19	48	118	336
b) Mittlere Abstände.	4	7	10	15	24	27	28	28	52	95	192
c) Excentricität.	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{147}$	$\frac{1}{59}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{21}$

An den mittlern Abständen der Planeten glaubte man schon vor längerer Zeit ein gewisses Gesetz der Fortschreitung zu bemerken, nach welchem ein Glied zwischen ♂ und 4 fehlen mußte. Theilt man nämlich den Abstand des ♄ von der ☉ in 100 gleiche Theile, so sind die Abstände der übrigen Planeten in solchen Theilen folgende:

☿ = 4
♀ = 4 + 3 = 7
♁ = 4 + 2 . 3 = 10
♂ = 4 + 2 . 2 . 3 = 16
(Lücke = 4 + 2 . 2 . 2 . 3 = 28)
4 = 4 + 2 . 2 . 2 . 2 . 3 = 52
♄ = 4 + 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 = 100
☉ = 4 + 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 = 196.

Man sieht, daß diese Verhältnisse *) mit den so eben unter b) angeführten so ziemlich zusammentreffen, und daß sich zwischen dem ♂ und dem 4 allerdings eine Lücke findet. Diese ist nun zwar ausgefüllt, aber durch vier Planeten auf einmal. Man müßte also mit Olbers annehmen (und wirklich ward dieser scharfsinnige Astronom durch diese Hypothese zur Auffindung der Vesta, so wie ein paar Jahre vorher Harding zur Entdeckung der Juno geleitet; §. 37.), daß jene kleinen planetarischen Körper durch Zersprengung eines größern Planeten, der sich ehemals in gleicher Entfernung um die ☉ bewegte, entstanden seyen. — Indeß gründet sich jene Progression auf keine uns bekannte Theorie und läßt sich nicht mathematisch beweisen, ob es schon auf der andern Seite schwer ist, sie einem bloßen Zufalle zuzuschreiben.

Anmerk.

*) Man kann sie allgemeiner so ausdrücken:

der nte Planet, von der ☉ gerechnet, ist von ihr entfernt

$$4 + (2^{n-2} . 3)$$

Oder drückt man (mit Wurm, im Berl. astronom. Jahrb. für 1790. S. 168.) den mittlern Abstand des ersten Planeten durch a aus, die

Differenz der Abstände des 1ten und 2ten durch b, die mittlere Entfernung der Erde von der ☉ = 1; so ist je des nten Planeten mittl. Abstand von der ☉ = a + (2^{n-2} . b).

§. 167.

Die Untersuchung der in den §§. 165. und 166. enthaltenen Tafeln zeigt, daß die Umlaufszeiten der Planeten mit ihren mittlern Entfernungen von der Sonne zunehmen. Hierdurch ward Kepler, der die verhältnißmäßigen Abstände der damals bekannten Planeten ziemlich genau berechnet hatte, auf die Vermuthung geführt, daß jene beyden Elemente in einem gewissen Verhältnisse stehen müßten, das er zu entdecken sich vorsetzte. Es gelang ihm auch hier, der Natur auf die Spur zu kommen; denn er fand nach einem 17jährigen Suchen (d. 15. May 1618.):

daß die Quadratzahlen der siderischen Umlaufszeiten sich genau wie die Cubikzahlen der mittlern Entfernungen von der Sonne (oder der halben großen Axen) verhalten.

Die Richtigkeit dieses Satzes, den man das dritte Kepler'sche Gesetz nennt (vergl. §. 164.; man hat also überhaupt drey Kepl. Gesetze), hat sich seitdem auch an dem Uranus und den zuletzt entdeckten 4 Planeten bestätigt. Ein Beyspiel diene zur Erläuterung dieses Satzes.

Die mittlere Entfernung der Erde von der ☉ verhält sich zu der des ♃ nahe wie 1 : 5, 2, und das Verhältniß der Würfel dieser Zahlen ist wie 1 : 140, 61. Die Umlaufszeiten beyder Planeten verhalten sich nahe wie 1 : 11, 86, und die Quadrate derselben wie 1 : 140, 66. Es verhalten sich also hier wirklich die Quadratzahlen der Umlaufszeiten wie die Cubikzahlen der mittlern Abstände von der ☉. Die Abweichungen werden noch geringer, wenn man es mit den Zahlen, welche die Abstände und die Umläufe ausdrücken, genau nimmt, und zugleich die Störungen mit in Rechnung bringt, welche die Planeten in ihrer elliptischen Bewegung erleiden (s. das IX. Cap; vergl. §. 164).

Jenes merkwürdige Verhältniß zwischen den Entfernun-

gen und den Umlaufszeiten findet auch bey den Trabanten der Planeten Statt. Es muß daher als ein allgemeines Gesetz für ein System von Körpern, die um einen gemeinschaftlichen Centralpunct laufen, angesehen werden.

Dieses 3te Kepler'sche Gesetz ist in der Astronomie von überaus großem Nutzen. Da dessen Richtigkeit keinem Zweifel mehr unterworfen ist; so gebraucht man es, besonders bey neuentdeckten Planeten, bey den Trabanten ꝛc. *), die mittlern Abstände aus den mittlern Umlaufszeiten (denn diese kann man durch die Beobachtungen genauer erfahren als jene) herzuleiten. Die gefundenen Resultate stimmen mit den Beobachtungen auch immer vollkommen überein; nur daß durch die gegenseitigen Wirkungen der planetarischen Körper auf einander kleine Abweichungen hervorgebracht werden, deren Berechnung der physischen Astronomie angehört.

Anmerk.

*) Die Entfernungen der Trabanten von ihrem Hauptplaneten, oder die Halbmesser ihrer Bahnen, werden durch mikrometrische Messungen (§. 51. Anm.) ihrer größten Digressionen von ihm unmittelbar bestimmt. Eine solche Messung giebt den Winkel, unter dem der Halbmesser auf der Erde erscheint. Da nun auch die Entfernung des Planeten von der Erde bekannt ist; so giebt dieser Winkel durch trigonometrische Rechnung den wahren Halbmesser der Bahn. Hat man zugleich den Durchmesser des Planeten mit dem Mikrometer gemessen, so erhält man unmittelbar das Verhältniß des Halbmessers der Trabantenbahn zum Halbmesser des Hauptplaneten; und so werden sie gewöhnlich angegeben (§. 117. ff.). Weil es aber Schwierigkeiten macht, den Halbmesser der Bahn eines jeden Trabanten unmittelbar zu messen, so wählt man einen einzigen, dessen größte Entfernung von dem Mittelpuncte seines Planeten sich am leichtesten und sichersten bestimmen ließ (z. B. unter den ♄-Monden den 6ten), um aus dieser zuverläßig bekannten Entfernung und aus den ebenfalls hinlänglich bekannten Umlaufszeiten die Entfernungen der übrigen nach dem dritten Kepler'schen Gesetze herzuleiten.

§. 168.

Was von dem Monde unserer Erde schon oben (§. 75 ff.) bemerkt worden ist, daß er sich nämlich in einer elliptischen

Bahn um die in dem einen Brennpuncte befindliche Erde so bewegt, daß sein Radius Vector um diesen Punct Flächen beschreibt, die den Zeiten sehr nahe proportional sind, — gilt im Allgemeinen auch von den übrigen Monden der Planeten.

Die drey Kepler'schen Gesetze machen also, so wie in dem Sonnensysteme überhaupt, so in jedem Trabantensysteme insbesondere, die Grundlage aller darin Statt findenden Bewegungen aus. — Zwar ist die Ellipticität ꝛc. nicht an allen Satelliten in gleichem Grade bemerklich, wie es ihrer großen Entfernungen und der kleinen Winkel wegen, unter denen uns die Durchmesser ihrer Bahnen erscheinen (§. 117. ff.), fast nicht anders seyn kann; aber an einigen derselben, z. B. an dem 3ten und 4ten 24; und dem 6ten h; Trabanten ist der elliptische Lauf durch die Beobachtungen völlig entschieden, und man darf nicht daran zweifeln, daß die übrigen Monde sich nach denselben Gesetzen richten. — Die Unregelmäßigkeiten und Ungleichheiten in der Bewegung des Erdmonds und im Laufe der Planeten bemerkt man mehr oder weniger an allen Trabanten; am genauesten aber lassen sie sich an den 24; Monden wahrnehmen. An den 3 untern dieser Trabanten z. B. hat man sehr beträchtliche Ungleichheiten entdeckt, die offenbar von ihren Stellungen gegen einander, folglich von ihren gegenseitigen Einwirkungen abhängen. Die wichtigsten derselben halten eine Periode von $437\frac{2}{3}$ Tagen, nach welcher alle drey Trabanten wieder in dieselbe Lage gegen einander zurückkehren. Ferner sind die Neigungswinkel der Bahnen bey sämmtlichen Trabanten, die Lage ihrer Knotenlinien, ihrer Apsiden ꝛc. veränderlich u. s. w. Aus allen diesen Beobachtungen erhellet aufs Neue, daß es eine allgemeine Ursache geben muß, welche, indem sie die Bewegungen aller Körper unsers Sonnensystems regiert, zugleich einen störenden Einfluß auf den Lauf einzelner unter ihnen äußert, wenn diese sich nahe genug sind, um vermittelst ihrer eigenthümlichen Masse auf einander zu wirken.

Uebrigens beweiset die genaue Uebereinstimmung der in

neuern Zeiten für alle Planeten und ihre Trabanten berechneten Tafeln mit den zu irgend einer Zeit beobachteten Oertern dieser Himmelskörper das wirkliche Daseyn der dabey zum Grunde gelegten Kepler'schen Gesetze und der mehrmals angedeuteten physischen Grundursache aller himmlischen Bewegungen; obgleich, was die störenden Wirkungen dieser letztern betrifft, eine noch vollkommenere Uebereinstimmung der Rechnung mit den Beobachtungen in Hinsicht mehrerer planetarischen Körper unsers Sonnensystems, namentlich der 4 neuen Planeten, erst von den künftigen Zeiten erwartet werden muß.

VII. Capitel.

Wahre Bahnen der Kometen.

§. 169.

Edmond Halley (seit 1720 königl. Astronom zu Greenwich in England; geb. 1656, gest. 1742.) war der erste, der nach den oben (§. 126.) angegebenen Gründen die völlige Identität zweyer Kometen, des im J. 1607 gesehenen, und des im J. 1682 von ihm selbst beobachteten großen Kometen erkannte. Er fand nämlich die Länge der Knoten beyder Kometen = 50° 48′ und 50° 21′, ihre Neigung = 17° 42′ und 17° 2′, die Länge der Perihelien = 301° 36′ und 302° 16′, ihren kleinsten Abstand von der ☉ = 0, 5825 und 0, 5868; übrigens beyder Bewegung rückläufig. Da der Unterschied der Beobachtungszeiten eine Umlaufs-Periode von ungefähr $75\frac{1}{2}$ J. gab; so sagte Halley die Rückkehr des Kometen zu seinem Perihelio auf das Jahr 1759 voraus, welche Prophezeyung glücklich eintraf. Dieser Halley'sche Komet (höchst wahrscheinlich auch derselbe, der in den Jahren 1531, 1456, 1380 und 1305, also in ziemlich gleichen Zwischenräumen gesehen worden war; er ist zunächst um das J. 1834

wieder zu erwarten) hat also durch die That bewiesen: daß die Kometen, gleich den Planeten, in elliptischen, obgleich viel weiter ausgedehnten Bahnen sich um die Sonne bewegen. Die Beobachtungen zeigten auch, daß der Komet genau die beyden übrigen Kepler'schen Gesetze befolgte, indem a) der Radius Vector desselben in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume um die in dem einen Brennpuncte seiner stark excentrischen Bahn befindliche Sonne beschrieb, und b) die Quadrate seiner Umlaufszeit und der irgend eines Planeten sich wie die Würfel der mittlern Entfernungen von der ☉ verhielten. — Die 23ste Figur stellt die elliptische Bahn des Kometen, auf die Ebene der Ekliptik niedergelegt, vor. P ist das Perihelium, welches zwischen die Bahnen des ☿ und der ♀ fällt; A das Aphelium; PA die große und de die kleine Axe der Bahn; CS = CM die Excentricität; CA = CP = Se = Sd die mittlere Entfernung von der ☉, oder die halbe große Axe der Bahn. Setzt man mit La Lande die Umlaufszeit des Kometen = 28070 Tage, so findet man Sd = $18\frac{5}{6}$ Halbmesser der Erdbahn, SP = $\frac{7}{12}$, SA = $35\frac{1}{2}$. Der Komet durchläuft also eine Bahn, die 4mal so lang als breit ist; er kommt der ☉ im Perih. 61mal näher als im Aphelio, und entfernt sich hier fast noch einmal so weit von der Sonne als ♁.

§. 170.

Außer dem Halley'schen Kometen kennt man bis jetzt nur noch einen einzigen, von dem man mit Gewißheit behaupten kann, daß er schon in frühern Zeiten gesehen worden sey. Dieser ist der teleskopische Komet, welcher von Pons (einem der fleißigsten und glücklichsten Kometensucher) zu Marseille den 26. Nov. 1818 am Halse des Pegasus entdeckt, und von den trefflichen Astronomen Nicolai (in Manheim),

Harding (in Göttingen) und Encke (Director der Sternwarte Seeberg bey Gotha) im Dec. 1818 und Jan. 1819. beobachtet wurde. Durch die Encke'sche Berechnung *) ist, wie allgemein anerkannt wird, völlig ausgemacht, daß jener kleine Komet (wir wollen ihn den Pons-Encke'schen nennen) mit den in den Jahren 1805, 1795 und 1786 gesehenen und beobachteten Kometen wirklich identisch ist, daß er sich also bereits viermal, nach sehr kurzen Zwischenzeiten, gezeigt hat. Nach jener Berechnung war der Komet den 28. Jan. 1819. in seinem Perihelio, welches innerhalb der Bahn des ☿ fällt; im Aphelio kommt er bis zwischen die Bahnen der 4 neuen Planeten und die des 4. Die Neigung der Bahn ist = 13° 20′; die Länge des ☊ = 334° 32′; die Länge des Perih. = 156° 55′; die Umlaufszeit = 1203, 7 Tage (etwa $3\frac{1}{3}$ Jahre); die Bewegung rechtläufig. Daß der Komet zwischen 1786 und 1819 nicht öfterer gesehen ward, läßt sich leicht erklären; um nämlich auf den Europäischen Sternwarten sichtbar zu seyn, muß die Zeit seiner Sonnennähe zwischen den October und Februar fallen. Daher wird er uns auch bey seiner nächsten Rückkehr zum Perihelio, welche sich in der Mitte des May 1822 ereignen wird, unsichtbar bleiben, auf der südlichen Halbkugel hingegen sehr gut, bey einiger Kenntniß seines Orts vielleicht gar mit bloßen Augen gesehen werden.

Die 31. Fig. stellt die Ellipse dieses Kometen vor, dessen Lauf vom 27. Novemb. 1818. bis zum 27. Januar 1819. bemerkt ist. — Der beygezeichnete parabolische Bogen gehört dem Kometen an, der sich am 1. Jun. 1819. plötzlich zeigte, am 27. Jun. in sein Perihelium kam, und dessen Lauf von da bis zum 25. August vorkommt.

Anmerk.

*) S. Berl. astron. Jahrb. f. 1822., S. 175. ff., und für 1823., S. 211. ff.

§. 171.

Die Identität der Kometen von 1532 und 1661, die man ehemals annahm, ist förmlich widerlegt; die der K. von 1264 und 1556 ist höchst zweifelhaft, und die vermuthete der K. von 1772 und des 2ten von 1805 haben die von Gauß, Bessel und Burckhardt angestellten Untersuchungen wenigstens sehr unwahrscheinlich gemacht. [1]) Gleichwohl mögen viele Kometen, die in spätern Zeiten beobachtet worden sind, schon früher, vielleicht mehr als einmal, gesehen worden seyn. Daß man sie bey ihrer spätern Erscheinung nicht als alte Bekannte ansah, rührt hauptsächlich von folgenden Ursachen her: 1) die Umlaufszeiten der Kometen sind größtentheils von sehr langer Dauer und müssen nach Jahrhunderten, ja nach Jahrtausenden gemessen werden (§. 172.). Nehmen wir auch nur 100 Jahre an, so sieht man leicht, daß sich die Gelegenheit nicht oft darbietet, die Rückkehr dieser Wandelsterne bestätigt zu sehen. 2) Die Umstände, unter denen ein und derselbe Komet, 2, 3mal ꝛc. erscheint, sind sehr veränderlich. Bey der einen Erscheinung kann er sich sehr deutlich, mit einem ansehnlichen Schweife ꝛc., bey der andern wenig oder gar nicht sichtbar und glänzend, mit einem kürzern, oder gar keinem Schweife ꝛc. zeigen; er kann, wenn er bey abermaliger Ankunft in unserer Nachbarschaft in seiner größten Erdferne ist, in der größten Sonnennähe seyn [2]); er kann während seines perihelischen Laufs bey Tage, oder mit der ☉ zugleich am Himmel stehen [3]); er kann wegen einer allzu südlichen Abweichung nur in der südlichen Halbkugel der Erde sichtbar seyn. Gäbe es freylich auch hier Männer wie Olbers, Pons ꝛc., so würde es uns an sichern Nachrichten und Beobachtungen nicht fehlen; aber dieß ist leider! bis jetzt nicht der Fall. 3) Die ältern Kometennachrichten sind zu dürftig, zu mangelhaft und zu unsicher, um Elemente zur Vergleichung mit weiterhin erschienenen K. daraus zu berechnen. Wir wollen nur um 100 Jahre zurückgehen; wie wurden damals K. beobachtet? De la Hire, einer der berühmtesten Astronomen dieser

Zeit hielt die Kometen noch für Meteore, für Feuer, die sich plötzlich entzünden und nach und nach wieder verlöschen; er glaubte nicht, daß sie perennirende und kosmische Körper seyen, welche, wie die Planeten, bestimmten Gesetzen unterworfen wären; er war daher der Meinung, daß die Astronomen nicht nöthig hätten, diese Lufterscheinungen mit großem Fleiße zu beobachten, und viele Sorgfalt darauf zu verwenden. Welche Beobachtungen lassen sich also von jener Zeit erwarten, und was läßt sich daraus auf Wiederkehr der Kometen schließen? Noch 100 Jahre früher waren die Fernröhre kaum entdeckt; wenigstens hatte man sie noch nicht als Kometensucher gebraucht, ja nicht einmal auf die Meßwerkzeuge gesetzt, welches erst 1667 geschah. Die Beobachtungen dieser Zeit waren daher ebenfalls höchst oberflächlich, und so auch die der noch frühern Zeiten, wo sie mit bloßen Augen, durch ungefähre Schätzung ꝛc. gemacht wurden. Wie viele, zumal an sich kleine und unansehnliche Kometen, dergleichen die meisten der heutiges Tages entdeckten sind, werden also dem menschlichen Auge entgangen seyn? Wir haben zwar bis zum gegenwärtigen Jahre überhaupt 126 berechnete Kometenbahnen [4]); aber viele derselben sind ganz unzuverläßig, wie man schon, in Hinsicht mehrerer Kometen, aus der großen Abweichung der von verschiedenen Berechnern gefundenen Resultate sieht. Dem großen Kometen von 1680 z. B. gab Halley eine Umlaufszeit von 574, Euler von 171 Jahren; aus einer neuern Untersuchung [5]) aber ergiebt sich, daß sie nicht unter 2000 J. seyn kann, wahrscheinlich aber bis zu 8813 Jahren angenommen werden muß. — Endlich sind 4) die Kometen, ihrer wahrscheinlich sehr geringen Masse wegen, der Einwirkung anderer Weltkörper in einem solchen Grade ausgesetzt, daß ihr Lauf dadurch beträchtlich geändert werden kann. Schon der Halley'sche K. beweiset dieß; denn die Zeit seiner Zurückkunft zum Perihelio war von 1531 bis 1607 um 13 Monate länger als von 1607 bis 1682, hingegen von 1607 bis 1682 um 18 Mon. kürzer als von 1682 bis 1759. Der Grund, warum er das letztemal $1\frac{1}{2}$ J. länger ausblieb,

liegt unstreitig in der anziehenden Kraft des 4, dem er ziemlich nahe kam. Doch es giebt sogar Fälle, wo kleine, schwächliche K. von mächtigern Planeten, so zu sagen, auf die Seite geschafft werden. Dieß scheint z. B. mit dem merkwürdigen K. von 1770 der Fall zu seyn, der um den 10. Aug. durch sein Perih. ging. Sein rechtgängiger Lauf ließ sich nach Lexell und Burckhardt durchaus nicht anders als durch eine Ellipse (deren Neigung = $1^{\circ}\ 34\frac{1}{2}'$; Länge des ☊ = 4 Z. $11^{\circ}\ 54'$; Länge des Perih. = 11 Z. $26^{\circ}\ 15'$; Excentric. = 0,7854736) von etwa $5\frac{1}{2}$ J. darstellen; gleichwohl ist er weder vorher, noch seitdem wieder gesehen worden! La Place's Untersuchungen [6]) klären aber dieses Räthsel völlig auf, indem sie zeigen, daß die frühern Störungen durch den gewaltigen Jupiter so beschaffen sind, daß der K. dadurch im J. 1770 der Erde bedeutend genähert, dann aber wieder so entfernt wurde, daß er bey seinen spätern Durchgangszeiten in der Erdnähe nicht sichtbar seyn konnte [7]).

Anmerk.

1) M. s. *De Lambre*, Astron. T. III. p. 419. sqq. unter den angegebenen Jahrzahlen, und die Anmerkungen und Erläuterungen, welche den in der 1. Anm. zu §. 125. angeführten Kometen-Elemententafeln angehängt sind.

2) Wir haben einen Planeten, dessen Umlaufszeit nur 88 Tage beträgt, und welcher dennoch wegen seiner Sonnennähe (§. 106.) so schwer zu sehen ist, daß ihn sogar manche Astronomen nur mit den Augen des Verstandes gesehen haben. Man weiß, daß der Entdecker des wahren Weltsystems (§. 147. Anm.) mit dem Leidwesen starb, diesen Planeten nie erblickt zu haben.

3) Schon Seneca erzählt Lib. VII. Cap. 20. der Quaest. natur. nach Posidonius, daß man im J. 60. vor Chr. Geb. bey Gelegenheit einer großen Sonnenfinsterniß einen Kometen sehr nahe bey der Sonne gesehen habe. Wie viele tausende solcher Himmelskörper mögen also menschlichen Augen unbemerkt vor dem alles beleuchtenden, aber auch alles auslöschenden Hauptkörper des Sonnensystems vorbeygestrichen seyn?

4) Der De Lambre'sche bis zum Jahre 1813. incl. gehende Katalog (a. a. O. p. 409. ff.) enthält deren 117. Seitdem sind, meines Wissens, noch 9 Bahnen berechnet worden; daher die obige Zahl 126.

5) S. Zeitschrift für Astron. VI. Bd. Tüb. 1818. S. 27. ff. „Versuch einer Bestimmung der wahrscheinlichsten Bahn des Kometen von 1680.“

6) S. dess. Mécan. cél. T. IV. und Expos. etc. Liv. IV. Chap. 4.

7) Aus obiger Auseinandersetzung wird man zugleich ersehen, was auf die von Nichtkennern der Astronomie so oft aufgeworfene Frage: „warum fast jeder Komet unvermuthet, und, ohne von den Astronomen angekündigt zu seyn, erscheine,“ zu antworten sey.

§. 172.

Man hat in neuern Zeiten noch für viele Kometen Ellipsen berechnet (vergl. §. 126.), durch welche die Beobachtungen sehr gut dargestellt werden. Wir wollen nur einige anführen.

1) Komet von 1763. (D. Burckhardt.) Durchgang durch das Perih d. 1. Nov.; Länge des ☊ = 11 Z. 26° 24′; Neigung der Bahn = 72° 32′; Länge des Perih. = 2 Z. 24° 59′. Perih. Abstand = 0,49819; Umlaufszeit = 7334 Jahre. (D soll rechtläufig, und R rückläufig bedeuten. Der hinzugefügte Name gehört dem Berechner der Bahn an).

2) K. v. 1769. (D. Asclepi). Durchg. ꝛc. d. 7. Oct. Länge des ☊ = 5 Z. 25° 13′; Länge des Perih. = 4 Z. 24° 12′; Neigung ꝛc. = 40° 46′; Perihel. Abst. = 0,1227508; halbe große Axe = 95,2; Umlauf = 929 Jahre.

3) K. v. 1772. (D. Bessel). Durchg. ꝛc. d. 19. Febr. Länge des Perih. = 3 Z. 20°; Länge des ☊ = 8 Z. 14°; Neigung = 18° 17$\frac{1}{2}$′; Perihel. Abst. = 1,013590; Excentric. = 0,903148; Umlauf = 33 J.

4) K. von 1805, No. 2. (D. Gauß). Durchg. ꝛc. d. 2. Jan. 1806. Länge des Perih. = 3 Z. 19$\frac{1}{2}$°; Länge des ☊ = 8 Z. 11$\frac{1}{2}$°; Neigung = 12° 43′; Perih. Abst. = 0,991786; Excentric. = 0,6769242; Umlauf = 1731$\frac{2}{3}$ Tage.

5) K. von 1807. (D. Bessel). Durchg. ꝛc. d. 18.

Sept. Länge des Perihel. = 9 Z. 1° 6′; Länge des ☊ = 8 Z. 26° 36′; Neigung = 63° 10½′; Perihel. Abst. = 0,64896; Excentric. = 0,995487; halbe große Axe = 143,195; Umlauf = 1713½ Jahre.

6) Großer K. von 1811. No 1. (R. Bessel). Durchg. ꝛc. d. 12. Sept. Länge des Perih. = 2 Z. 15°; Länge des ☊ = 4 Z. 20½′; Neigung = 73° 9′; Perih. Abst = 1,035679; Excentric. = 0,9954056; Umlauf = 3338 Jahre.

7) K. von 1815. (R. Bessel). Durchg. ꝛc. d. 26. April. Länge des Perih. 149° 2½′; Länge des ☊ = 83° 28′ 46″; Neigung = 44½°; Perihel. Abst. = 1,21349; Excentric. = 0,931128; Umlauf = 73¾ Jahr. — Die Ellipticität dieses Kometen, der mit dem Halley'schen ziemlich einerley Umlaufszeit hat, ist fast außer allen Zweifel gesetzt. Er verdient, seinem Entdecker zu Ehren, der Olbers'sche K. genannt zu werden. Nach Bessel's Berechnung wird er keinem Planeten so nahe kommen, um den Erdbewohnern, gleich dem von 1770, wieder entführt zu werden.

§. 173.

Da es gegen unzähliche Ellipsen nur eine Parabel giebt, welche die Grenze zwischen den Ellipsen und den Hyperbeln macht, (s. die Anm. zu §. 124.); so ist es höchst unwahrscheinlich, daß es Kometen gebe, die sich wirklich in Parabeln um die Sonne bewegen, obgleich die parabolische Berechnung aus andern Gründen (§. 125.) sehr häufig gebraucht wird. Dagegen ist die Annahme eines hyperbolischen Laufs für den einen oder den andern K. keineswegs etwas undenkbares (s. dieselbe Anm.). Mit ziemlicher Gewißheit beweisen dieß jedoch die zeitherigen Beobachtungen und Berechnungen nur von einem, nämlich von dem im J. 1771. erschienenen. Dieser Komet ist auf beyden Seiten der Sonnennähe, durch einen Bogen von 116°, beobachtet worden, und seine Excentricität = 1,000944 übertrifft die halbe Axe um fast ein Hunderttheil, welcher Unterschied so

beträchtlich ist, daß man ihn unmöglich bloßen Beobachtungsfehlern zuschreiben kann *). Er war rechtläufig, und seine Neigung betrug 11° 16′. — Dieser Komet und die dem Laufe nach ihm ähnlichen (vermuthlich wird ihre Zahl gegen die der übrigen, welche in geschlossenen Linien um die ☉ gehen, nur gering seyn) entfernen sich also auf dem ins Unendliche fortlaufenden Aste immerfort von unserer Sonne, und müssen zuletzt in das Gebiet einer andern gelangen, um die sie sich alsdann zu bewegen fortfahren werden.

Anmerk.

*) S. Connoiss. d. T., an XIII. p. 344. und monatl. Corresp. Bd. XVI. S. 500.

§. 174.

Unter allen Kometen, deren Bahnen wir kennen, kam in seinem Perihelio der von 1680 der Sonne am nächsten, nämlich bis auf 0,006 (oder bis auf 6 solcher Theile, deren der Halbmesser der Erdbahn 1000 enthält) [1]); der von 1729 blieb am weitesten von ihr entfernt = 4, 261. Die meisten nähern sich der ☉ etwa um die Hälfte oder $\frac{3}{4}$ des Halbmessers der Erdbahn. Von 100 bis gegen das Jahr 1800 beobachteten Kometen sind 22 zwischen der ☉ und ☿, 36 zwischen ☿ und ♀, 22 zwischen ♀ und ♁, 16 zwischen ♁ und ♂, und nur 4 zwischen ♂ und ♃ durch ihr Perihelium gegangen. — Der Erde hat sich, so viel wir wissen, am meisten der von 1770 genähert, da er am 1. Jul. nur 7mal weiter von ihr entfernt war, als der Mond.

Die kleinste Neigung gegen die Erdbahn hatte der eben genannte Komet = 1° 34$\frac{1}{2}$′; die größte der von 1818 = 89° 43′ (nach Olbers und Encke; nach Gauß gerade 90°). Sowohl die Knoten der Bahn, als die Perihelien aller Kometen sind rund um die ☉ herum vertheilt.

Alles scheint darauf angelegt zu seyn, daß ein Zusammenstoßen eines Kometen mit unserer Erde nicht eintreffen kann. Denn bis jetzt kennt man noch keine Kometenbahn, welche mit der Ebene der Erdbahn zusammenfiele oder sie

genau durchschnitte; und wenn dieß auch bey einer noch unbekannten der Fall wäre (statt daß gewöhnlich die Kometen die Fläche der Erdbahn in Puncten schneiden, die beträchtlich innerhalb oder außerhalb derselben liegen), so wäre es doch ein fast wunderbarer Zufall, daß gerade Erde und Komet zugleich in diesem Durchschnittspuncte ankommen sollten. Indeß läßt sich die Möglichkeit eines solchen Zusammentreffens nicht geradezu läugnen [2]).

Von einer störenden Einwirkung der Kometen auf die Planeten durch ihre bloße Annäherung haben die Beobachtungen bis jetzt ebenfalls nichts gezeigt. So nahe der Komet von 1770 der Erde und dem Jupiter, zwischen dessen Trabanten er hindurchging, kam; so hat man doch weder in den Bewegungen dieser beyden Planeten noch in dem Laufe ihrer Monde die geringste Aenderung bemerkt. Hieraus läßt sich mit Recht schließen, daß die Masse und die Attractionskraft der K. sehr gering ist.

Anmerk.

1) Er war also von der Oberfläche der ☉ um weniger als $\frac{1}{3}$ ihres Durchmessers, d. h. ungefähr 28600 geogr. Meilen (welches etwa die Hälfte des Abstandes des ☽ von der Erde ist) entfernt, so daß ihm die ☉ unter einem Winkel von 99° erschien, sich folglich vom Horizont bis über das Zenith hinaus erstreckte.

2) S. „Ueber die Möglichkeit, daß ein Komet mit der Erde zusammenstoßen könne“ aufs Neue gründlich untersucht von Olbers in der Mon. Corresp. Nov. 1810. S. 409—450.

§. 175.

Außer mehrern, zum Theil vorhin (§. 171.) angedeuteten Umständen läßt auch der, daß die allermeisten der bis jetzt beobachteten Kometen ihre Sonnennähe zwischen dem ♂ und der ☉, nur wenige zwischen dem ♂ und dem 4, nicht einer aber jenseits der 4-Bahn haben, auf eine sehr große Menge derselben schließen. Denn sollten nicht viele K. in größern Weiten von der ☉ als der des 4 schon ihr Perihelium erreichen, und sollten sich nicht ihre Bahnen mit

der zunehmenden Entfernung ihrer Sonnennähe immer mehr erweitern? Dieß lassen die großen Räume zwischen den äußersten Planetenbahnen und die noch weit größern zwischen dem ♃ und den nächsten Fixsternen (§. 157. und 160.), welche die Weisheit des Schöpfers nicht ungenutzt gelassen haben wird, vermuthen. Die Zahl der um unsere Sonne laufenden Kometen mag daher, nach einer auf sehr triftigen Gründen beruhenden Rechnung, sich wenigstens auf eine Million belaufen; wahrscheinlich ist sie noch viel größer *). Die Planeten mit ihren Trabanten (zusammen 29 Körper) machen also von dem ganzen Sonnensysteme den unbedeutendsten Theil aus. Hieraus läßt sich mit Recht der Schluß ziehen, daß die Kometen zur Erreichung wichtiger Zwecke ihr Daseyn erhalten haben.

Anmerk.

*) S. Schubert's pop. Astron. Th. III. §. 26. In dessen theoret. Astron. Th. II. §. 336. ff. wird obige Zahl gar 20mal größer angenommen. Vergl. Lambert's Cosmol. Briefe, S. 109. ff.

VIII. Capitel.

Wahre Entfernungen und Größen der planetarischen Körper unsers Sonnensystems.

§. 176.

Um das Verhältniß, welches zwischen dem mittlern Abstande der Erde von der Sonne = 1 und den mittlern Entfernungen der übrigen Planeten von der Sonne Statt findet (§. 165. A. c)), nach dem Maßstabe, welcher die Basis aller Ausmessungen unsers Sonnensystems ausmacht, d. h. nach Erdhalbmessern angeben zu können, muß man die Sonnenparallaxe, aus der allein der Abstand der Erde in dem gedachten Maße sich herleiten läßt (§. 95 und 96.), möglichst genau kennen. Da man aber wegen der großen Entfernung der Sonne ihre Parallaxe nicht unmittelbar (wie

nach §. 94.) finden kann; so muß man sie mittelbar, d. h. durch Beobachtung der Parallaxe eines nähern Planeten zu bestimmen suchen, indem man das Verhältniß der Entfernung desselben und der Entfernung der Sonne von der Erde als bekannt voraussetzt. So vielmal nun die Entfernung der ☉ von der ♁ größer ist als die Entfernung des Planeten von der Erde zu der Zeit, da seine Parallaxe beobachtet ward; so vielmal ist umgekehrt die Parallaxe der ☉ kleiner als die gefundene Parallaxe des Planeten. In Hinsicht der Genauigkeit ist die Venus zu diesen Beobachtungen am tauglichsten *). Wenn sie nämlich zur Zeit ihrer untern ☌ in oder nahe bey ihrem Knoten ist; so geht sie als ein schwarzer, scharf begrenzter runder Fleck vor der ☉ vorüber (§. 104 und 107.): und ein solches Ereigniß läßt sich mit großer Genauigkeit beobachten. Da ♀ von Abend nach Morgen um die ☉ läuft; so sieht man sie am linken Sonnenrande ein- und am rechten austreten. Die Beobachter, die um die Zeit des Eintritts auf der linken Seite der Erde wohnen, sehen sie daher in die ☉ einrücken, wenn sie den Bewohnern der rechten Seite noch links von derselben absteht; und umgekehrt erscheint sie diesen noch in der ☉, wenn jene längst ihren Austritt beobachtet haben. Dieser Unterschied muß natürlich desto beträchtlicher seyn, je näher Venus ist; denn er würde ganz wegfallen, d. h. alle Erdbewohner würden den Durchgang auf gleiche Art beobachten, wenn ♀ auf der Oberfläche der ☉ selbst wäre. Es ist also offenbar, daß man aus den verschiedenen Zeiten, da ♀ vor der ☉ an verschiedenen Oertern der Erde beobachtet ist, die Parallaxe der Venus, und hieraus ihre Entfernung von der Erde herleiten kann. Da nun aus andern Beobachtungen genau bekannt ist, wie die Entfernung der ♀ von uns sich in jedem Augenblicke zu unserer Entfernung von der ☉ verhält; so führt dieß endlich zu einer genauen Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Venus und von der Erde, folglich der Sonnenparallaxe, — die man auf diese Art wirklich für den mittlern Abstand der ☉ von der ♀ zwischen 8″, 6 und 8″, 8 gefunden hat (§. 96.).

Anmerk.

*) Auch Mars in seiner ☌, wo er uns um mehr als die Hälfte näher ist als die Sonne, läßt sich in dieser Hinsicht gebrauchen. Wirklich hat man den 6. Oct. 1751 nach der oben in §. 94. beschriebenen Methode die Parallaxe des ♂ ziemlich genau gefunden. La Caille und Wargentin beobachteten nämlich, jener auf dem Vorgebirge der g. H., dieser in Stockholm in denselben Augenblicken den Abstand des culminirenden ♂ vom Zenith und von dem Sterne λ im Wassermann. Aus dem Unterschiede der gemessenen Abstände fand La Caille die Horizontalparallaxe des ♂ = 23″, 6, woraus die der Sonne = 10″ folgte. — Da aber Venus in ihrer untern ☌ der Erde noch näher ist als Mars in seiner ☌ (das Verhältniß der Entfernung beyder Planeten von der ☉ ist unter diesen Umständen etwa wie 100 : 130); so mußte man mit Recht von der Beobachtung der ♀-Durchgänge eine weit genauere Bestimmung der ☉-Parallaxe erwarten: welche Erwartung auch in der That durch den Erfolg gerechtfertigt worden ist.

Uebrigens sieht man von selbst, daß die Parallaxe aller übrigen Planeten, da sie noch viel weiter als ♀ und ♂ von uns entfernt bleiben, nach obiger Methode gar nicht gefunden werden kann.

§. 177.

Halley hatte zuerst die so eben angedeutete Methode zur Bestimmung der ☉-Parallaxe in Vorschlag gebracht und deshalb auf die Durchgänge der ♀ in den Jahren 1761 und 1769 aufmerksam gemacht. Die besonders in dem letztern Jahre zu diesem Behufe angestellten weiten Reisen haben das bereits bemerkte Resultat herbeygeführt, das kaum genauer erwartet werden konnte. Die ganze Rechnung, die dabey zum Grunde liegt, ist ziemlich verwickelt und sehr mühsam; es kann daher hier nur ein kurzer Abriß davon gegeben werden *). Es sey also S (Fig. 32.) der Mittelpunct der Sonne, AB ihr Durchschnitt mit der Ekliptik; V v ein Stück der Venusbahn, die wir hier mit der Ebene der Erdbahn zusammenfallen lassen; CDE der Durchschnitt des Erdkörpers mit der Ekliptik, der sich von D nach E umdreht; bey P der gegen die ☉ liegende Nordpol der Erde; GH ein Stück des Parallelkreises eines südlichen Beobachters, der den Eintritt der ♀ in die ☉ Vor-

mittags in G, den Austritt bey B Nachmittags in H sieht; IK ein Bogen des Parallelkreises eines nördlichen Beobachters, der den Eintritt des Abends in I, den Austritt am folgenden Morgen in K sieht. Jenem ist der ganze Durchgang der ♀ durch die Sonnenscheibe, diesem nur der Anfang und das Ende sichtbar, weil er in der Zwischenzeit sich auf der Nachtseite der Erde DEC befindet. Man ziehe an den östlichen Rand der Sonne die Berührungslinien GA, IA, welche die Venusbahn in M und L schneiden, und an den westlichen die Linien HB, KB, welche die Bahn der ♀ in N und O berühren. Alle diese Linien sehen wir hier als in der Fläche der Erdbahn liegend an, oder nehmen vielmehr anstatt derselben ihre Projectionen auf die Ebene der Ekliptik, d. i. die Linien zwischen den Puncten, in welchen die Perpendikel von den Endpuncten jener diese Ebene treffen. Der nördliche Beobachter sieht den Eintritt schon, wenn ♀ in L ist, der südliche erst, wenn sie nach M kommt; hingegen der nördliche den Austritt erst, wenn ♀ in O, der südliche schon, wenn sie noch in N ist. Jenem dauert also der Durchgang eine längere Zeit als diesem. Aus dem Unterschiede der Zeiten des Eintritts kann man vermittelst des bekannten Laufs der ♀ den Bogen LM oder den Winkel, den sie unterdessen an der ⊙ beschrieben hat, sehr genau angeben, nämlich den W. LAM, welcher ihm fast gleich ist. Die Entfernung der Puncte G, I, wo die Beobachter zu den Zeiten des Eintritts sich befanden, kann man aus der geographischen Lage beyder Oerter wissen. Nun muß man noch in dem Dreyecke AIG den Winkel bey I suchen. Zu dem Ende stelle man sich in T den Mittelpunct der Erde vor, und ziehe von demselben durch I eine gerade Linie nach R hin; der äußere Winkel bey I ist der Abstand der Sonne vom Zenith des Ortes I = RIA. Die Chorde GI kennt man, wie gesagt, aus den Längen und Breiten der Oerter I, G; man hat also im △ TIG alle drey Seiten, weil TI, TG Halbmesser der Erde sind. Folglich kann man den W. TIG, und weil RIA aus der Beobachtung oder Rechnung bekannt ist, auch den Winkel AIG leicht finden.

Von G ziehe man in Gedanken eine Senkrechte auf AI, welche aus GI durch den Sinus des W. AIG gefunden wird. Da man nun weiß, unter welchem Winkel GAI dieses bekannt gewordene Perpendikel von der Sonne aus gesehen wird; so läßt sich daraus auch der Winkel, unter welchem der Halbmesser der Erde in der ⊙ erscheint, d. i. die Parallaxe der ⊙ für die Zeit der Beobachtung berechnen. Aus dem Verhältnisse der zu dieser Zeit Statt findenden Entfernung von der Erde kann man endlich auch die Parallaxe der ⊙ in der mittlern Entfernung herleiten. — Den Unterschied der Zeiten des Austritts kann man auf eben diese Art gebrauchen, und beyde Resultate gegen einander halten. Noch besser nimmt man die Summe der von G auf AI und von H auf BK gefällten Perpendikel, so wie auch die Summe der Winkel GAI und HBK, und berechnet daraus die Parallaxe so, wie aus den einzelnen Perpendikeln. Die Summe der Winkel bey A und B wird aus der Summe der Bogen LM und NO gefunden, und diese letztere Summe ist der Bogen, welchen die ♀ in der Zeit beschreibt, um welche die Dauer des Durchgangs in I oder K größer ist als in G oder H. Hierbey braucht man den Unterschied der Uhren oder der Länge an beyden Beobachtungsörtern, der sich ohnedieß nur schwer mit völliger Genauigkeit erhalten läßt, nicht so äußerst scharf zu wissen, als es bey einem einzelnen Paare von Beobachtungen nöthig ist.

Anmerk.

*) Da man das Wesentliche der Sache nicht wohl kürzer fassen kann, als es Klügel (Astron. §. 165.) gethan hat; so habe ich dessen Darstellung, mit einigen nöthigen Zusätzen und Erläuterungen, beybehalten.

§. 178.

Aus der berechneten Sonnenparallaxe wird der Halbmesser der Erdbahn oder die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne in Erdhalbmessern (nach §. 95.), und, da

vermittelst der Gradmessungen die Länge des Erdhalbmessers in geograph. Meilen (§. 89.) bekannt ist, auch in diesem letztern Maße gefunden. Die Excentricität der Bahn giebt den Unterschied der größten und kleinsten Entfernung von der mittlern; daher man auch jene beyden in demselben Maße ausdrücken kann. Setzen wir nun (wie von vielen Astronomen, z. B. von Schubert, De Lambre u. a. geschieht), die mittlere Horizontal-Sonnenparallaxe = 8″, 8 (also 1″ größer wie in §. 96.), so ergiebt sich

a) die mittlere Entfernung der Erde von der ☉ = 20′ 143635 geogr. Meilen. (Die Excentricität der Bahn ist = 01685318; d. h. der Unterschied der größten und kleinsten Entf. von der mittlern verhält sich zu der letztern, wie 0, 01685318 : 1. Dieser Unterschied findet sich durch die Regel de Tri = 339484 M., und giebt, wenn er von 20′ 143635 subtrahirt oder dazu addirt wird:)

b) die kleinste Entf. der ♄ von der ☉ = 19′ 804151 M.,

und c) die größte . . = 20′ 483119 —

Da jetzt der Halbmesser der Erdbahn in geograph. Meilen (wir wollen der größern Veranschaulichung wegen diese als Maßstab beybehalten) bekannt ist; so darf man damit nur die Zahlen in §. 165. A. c), welche die Verhältnisse der mittlern Abstände aller Planeten zur mittlern Entfernung der ♄ von der ☉ = 1, 000000 ausdrücken, mit der Zahl jener Meilen multipliciren, um die mittlere Entfernung jedes Planeten von der ☉ in demselben Maße auszudrücken. Der Uranus möge als Beyspiel dienen. Dieser Planet ist 19, 183305mal weiter von der ☉ entfernt als die Erde. Multiplicirt man also diese Zahl mit 20′ 143635, so erhält man die mittlere Entf. des ♅ von der ☉ = 386′ 421494. Die Excentricität seiner Bahn ist = 0, 04667030, welches mit 386′ 421494 multiplicirt 18′ 034407 giebt. Dieß von 386′ 421494 subtrahirt und dazu addirt, giebt die kleinste und größte Entfernung des ♅ von der ☉ = 368′ 387087 und 404′ 455901.

Auf eben die Art sind die in folgender Tafel enthaltenen Entfernungen berechnet, denen die mittlern Abstände in Erdhalbmessern voran gesetzt sind.

Entfernungen von der Sonne.

	A) mittl. in Erdhalbmessern.	B) in geographischen Meilen. a) kleinste.	b) mittlere.	c) größte.
Merc.	9072	6′ 195047	7′ 797563	9′ 400079
Venus	16952	14′ 470690	14′ 570542	14′ 670394
Erde	23436	19′ 804151	20′ 143635	20′ 483119
Mars	35710	27′ 834190	30′ 692726	33′ 551262
Vesta	54554	43′ 500000	47′ 900000	52′ 300000
Juno	63059	40′ 400000	54′ 200000	68′ 000000
Ceres	65270	51′ 800000	56′ 200000	60′ 600000
Pallas	65387	41′ 400000	56′ 300000	71′ 000000
Jupit.	121935	99′ 753878	104′ 803125	109′ 852372
Sat.	223555	181′ 353024	192′ 145511	202′ 937998
Uran.	437954	368′ 421494	386′ 421494	404′ 455901

§. 179.

Die scheinbaren Größen der Planeten, die man vermittelst des Mikrometers in verschiedenen Abständen dieser Körper von der Erde gemessen hat, lassen sich leicht auf eine und dieselbe Enfernung reduciren, wozu man die mittlere Entfernung der ♄ von der Sonne = 1 annimmt. Denn die scheinbaren Größen verhalten sich umgekehrt wie die Entfernungen, deren Verhältniß man kennt, so daß z. B. ♂ uns 5mal größer erscheint, wenn er uns 5mal näher kommt, oder wenn seine Entfernung nur der 5te Theil der vorigen ist. Aus dem Verhältniß jener auf die mittlere Entfernung der ☉ von der ♄ reducirten scheinbaren Durchmesser der Planeten und des scheinbaren Durchmessers der Erde, wie er aus der ☉ gesehen wird (dieser ist nämlich

der doppelten Parallaxe der ☉, die wir auch hier zu 8″, 8 annehmen wollen, also dem Winkel von 17″, 6 gleich), lassen sich, wie oben in §. 95 und 96., die Verhältnisse der wahren Größen herleiten. Die Resultate sind in folgenden Tafeln enthalten, in welche auch die ☉ und der ☽ aufgenommen worden sind. In Hinsicht der ☉ findet sich eine kleine Verschiedenheit von den Angaben in §. 96., weil dort ihre Parallaxe nur zu 8″ 7 angenommen worden war. Auch in Hinsicht der Planeten differiren die Angaben der astronomischen Lehrbücher, je nachdem ein größerer oder kleinerer Werth der Sonnenparallaxe (zwischen 8″, 5 und 8″, 8) zum Grunde gelegt ist. Natürlich giebt eine größere ☉'s Parallaxe die Entfernungen und Größen der ☉ und der Planeten merklich kleiner, und umgekehrt. — Die Größen der 4 neuen Planeten sind nach den Schröter'schen Messungen angesetzt, von denen aber die Herschel'schen auffallend abweichen; denn nach diesen letztern hat Ceres kaum 40, Pallas und Juno kaum 30, Vesta kaum über 20 Meilen im Durchmesser. Gewisse Umstände scheinen allerdings für die größere Richtigkeit der Herschel'schen Bestimmungen zu sprechen; wenigstens machen sie es sehr wahrscheinlich, daß Ceres nicht über 100, Pallas, Juno und Vesta aber höchstens 70 Meilen im Durchmesser halten, daß also jeder dieser Planeten kaum $\frac{1}{200}$ so groß an körperlichem Inhalt als unser Mond, oder kaum $\frac{1}{10000}$ so groß ist als unsere Erde *).

*) S. Brandes, Th. III. S. 254. ff., wo die Umstände, durch welche Schröter dießmal vielleicht getäuscht ward, aus einander gesetzt sind.

A.

	(a) Scheinbarer Durchmesser in der mittl. Entf. der Sonne von der Erde.	(b) Verhältniß zum Erddurchmesser.	(c) Durchmesser in geographischen Meilen.
Sonne	32′ 2″, 9	109, 26 = $109\frac{1}{4}$	187796
Mond	4 , 9	0, 28 = $\frac{3}{11}$	481
Mercur.	6 , 0	0, 34 = $\frac{1}{3}$	584
Venus	16 , 7	0, 95 = $\frac{19}{20}$	1633
Erde	17 , 6	1	1719
Mars	9 , 9	0, 56 = $\frac{5}{9}$	963
Vesta	0 , 6	0,043 = $\frac{1}{30}$	58
Juno	3 , 1	0,176 = $\frac{1}{6}$	303
Ceres	3 , 5	0, 20 = $\frac{1}{5}$	344
Pallas	4 , 5	0,256 = $\frac{1}{4}$	440
Jupiter	3′ 13 , 7	11,006 = 11	18917
Saturnus	2′ 51 , 7	9,756 = $9\frac{3}{4}$	16769
♄-Ring	6′ 40 , 7	23,580 = $23\frac{1}{2}$	40565
Uranus	1′ 14 , 5	4,233 = $4\frac{1}{4}$	7270

B.

	(a) Körperliche Größe in Cubikmeilen.		(b) Körperl. Größe im Verhältniß zur Größe der Erde.
Sonne	3468	Billionen	1′ 304163
Mond	$58\frac{1}{3}$	Millionen	0,021 = $\frac{1}{48}$
Mercur.	$104\frac{1}{2}$	—	0, 04 = $\frac{1}{25}$
Venus	2280	—	0, 85 = $\frac{17}{20}$
Erde	2660	—	1
Mars	467	—	0,178 = $\frac{1}{8}$
Vesta	104490		0,00004 = $\frac{1}{25000}$
Juno	$14\frac{1}{2}$	Mill.	0,005 = $\frac{1}{182}$
Ceres	$21\frac{1}{4}$	—	0,008 = $\frac{1}{125}$
Pallas	$44\frac{1}{2}$	—	0,017 = $\frac{1}{60}$
Jupiter	$3\frac{1}{2}$	Bill.	1333, 06 = $1333\frac{1}{16}$
Saturnus	$2\frac{1}{2}$	—	928, 5 = $928\frac{1}{2}$
Uranus	201231	Mill.	75, 85 = $75\frac{17}{20}$

Denkt man sich alle Planetenkörper in eine einzige Kugelmasse zusammengeballt, so würde dieser ungeheure Körper über 2300mal größer seyn als die Erdkugel, aber dennoch von der Sonnenkugel wenigstens 550mal an Größe übertroffen werden.

Die Dimensionen des ♄-Ringes sind nach Schröter folgende:

Aeußerer Durchm. des äußern Ringes	=	40565	geogr. M.;
— — — innern —	=	36671	— —
Breite des äußern Ringes	=	1379	— —
— — innern —	=	3935	— —
Leerer Raum zwischen beyden Ringen	=	568	— —
Raum zwischen ♄ und seinem Ringe	=	6016	— —

Die Dicke oder Schärfe des Ringes schätzt Schröter, aus der Breite des Schattens, den er auf den ♄ wirft, zu $113\frac{1}{4}$ Meilen. Die ganze Masse des Ringes beträgt hiernach 65040 Mill. Cubikmeilen, welches ungefähr der 38ste Theil von der ♄-Kugel, 24mal so viel als die Masse der Erdkugel, und 1100mal so viel als die des Erdmondes ist.

§. 180.

Was sich aus den bis jetzt zuverläßigsten (nämlich den Herschel'schen und Schröter'schen) Messungen der wahren Abstände und Größen der Trabanten des ♃, ♄ und ☉ ergiebt, ist Folgendes:

♃-Trabanten	(a) Abstände in geograph. Meilen.	(b) Durchmesser in geogr. Meilen.
I.	54982	564
II.	87479	465
III.	139536	818
IV.	245418	570

♄-Trab.	Abst. in geogr. M.	Durchm. in geogr. M.
I.	25840	Unbekannt
II.	33151	—
III.	41050	—
IV.	52585	—
V.	73425	—
VI.	170265	260
VII.	496272	680

♂-Trab.	Abst. in geogr. M.	Durchm. in geogr. M.
I.	47694	
II.	61880	
III.	72150	Unbekannt
IV.	82710	
V.	165430	
VI.	336840	

Die ♃-Trabanten sind also an wahrer Größe der unsers Mondes ziemlich gleich; nur der 3te ist noch einmal so groß, dagegen der 2te noch etwas kleiner. — Auf dem 1sten Trab. nimmt ♃ den 18ten Theil des ganzen Horizonts ein; die Scheibe dieses Planeten erscheint daselbst 1370mal, und selbst auf dem 4ten noch 64mal so groß, als uns die Sonnenscheibe. Vom 1sten Trab. aus wird ♃ 37000mal, und vom 4ten aus 1850mal so groß als die Sonnenscheibe gesehen, — statt daß von unserm Erdmonde aus die volle Erdscheibe nur etwa 14mal so groß als die ☉-Scheibe erscheint.

Der 6te ♄-Trabant ist im Durchmesser nur halb so groß als unser Mond, der 7te nur um $\frac{1}{3}$ größer; woraus sich

auf die Kleinheit des 3ten und 4ten, und noch weit mehr des 1sten und 2ten Trab. schließen läßt.

IX. Capitel.

Physische Grundursache aller himmlischen Bewegungen.

§. 181.

Jeder durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzte Körper geht, zufolge seines Beharrungsvermögens, mit gleichförmiger Geschwindigkeit in gerader Richtung fort, wenn nicht eine andere Ursache ihn daran hindert. Bewegt sich also ein Körper in einer krummen Linie, so muß wenigstens noch eine Kraft wirksam seyn, die ihn von der geradlinigten Bahn ablenkt, und diese Kraft muß unaufhörlich fortwirken (stetige Kraft), weil sonst der Körper nach der Tangente seiner Bahn in einer geraden Linie fortgehen würde. Jede krummlinigte Bewegung ist demnach eine zusammengesetzte Bewegung.

Es werde nun ein Körper A (Fig. 33.) nach der Richtung A a fortgestoßen, so daß A a auch die Geschwindigkeit, oder den Raum in der Zeiteinheit angiebt. Zu gleicher Zeit werde der Körper A durch eine andere Kraft nach T hingetrieben, und diese Kraft sey so groß, daß sie A allein, in eben der Zeit, da er A a zurücklegt, durch A m führen würde. Von beyden Kräften zugleich getrieben, wird A die Diagonale A B des auf die Linien A a und A m gesetzten Parallelogramms A a B m durchlaufen. Wenn er in B angelangt ist, und nun keine andere Kraft weiter auf ihn wirkte; so würde er, durch sein Beharrungsvermögen, mit gleichförmiger Geschwindigkeit nach der Tangente in B fortgehen, und in dem angenommenen Zeittheile die Linie B b = A B zurücklegen. Aber bey seiner Ankunft in B soll die Kraft, die ihn nach C hintreibt, abermals wirksam werden,

und zwar in derselben Stärke, die sie bey A hatte; also wird der Körper im zweyten Zeittheile die Diagonale BC des auf die Seitenlinien Bn und Bb gesetzten Parallelogramms BbCn beschreiben. Im dritten Zeittheile würde er, sich selbst überlassen, durch Cc = BC gleichförmig fortgehen; aber in C treibt ihn eine Kraft wieder nach T mit einer Stärke Co = Bn, und so durchläuft er in dem dritten Zeittheile die Diagonale CD des Parallelogramms CcDo. Von D aus würde er nach der Tangente DE fortgehen, wenn nicht u. s. w. — Der Weg des Körpers ist also unter der gemachten Voraussetzung die gebrochene Linie ABCD. Wenn aber die Kraft Am nicht unterbrochen und bloß in A, B und D, sondern stetig wirkt, also den Körper A in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen von der geraden Linie Aa ablenkt; so beschreibt der Körper jeden Augenblick eine unendlich kleine Diagonale AB, oder er ändert unaufhörlich seine Richtung; folglich beschreibt er eine gegen T hohle, krumme Linie, wie in Fig. 35. LQ es ist.

Die Kraft, welche den Körper immerfort nach T (Fig. 33.) treibt, heißt die Centripetalkraft, und der Punct, in welchem man sich die ganze Wirksamkeit eines Körpers T vereint gedenken kann, der Mittelpunct der Kraft. Das Beharrungsvermögen des Körpers A, so fern es den Abstand desselben AT von dem Mittelpuncte der Kraft T nach der tangentiellen Richtung Aa zu vergrößern strebt, nennt man die Centrifugalkraft (auch Stoß- Schwung- oder Wurfskraft, in Hinsicht der äußern Ursache, die den Körper nach einer auf AT senkrechten Richtung in Bewegung setzte). Beyde Kräfte heißen Centralkräfte und die durch ihr Zusammenwirken entstehende Bewegung des Körpers A eine Centralbewegung. — Die krumme Linie um T kann entweder ein Kreis oder eine Ellipse ꝛc. seyn, je nachdem das Verhältniß der Centralkräfte ist.

§. 182.

Die Planeten, die Trabanten ꝛc. gehen in kreisähnlichen Bahnen um einen gewissen Centralkörper. Die Bewegung

aller jener Körper muß also ebenfalls als das Resultat zweyer auf sie wirkenden Kräfte, einer Centrifugal- und einer Centripetalkraft angesehen werden. Jene können wir uns als die Folge eines in irgend einem Zeitpuncte erhaltenen Stoßes ꝛc. vorstellen; diese können wir der Schwerkraft gleichsetzen, vermöge der alle geworfenen und frey fallenden Körper auf der Erde nach deren Mittelpuncte hingezogen werden. Die letztere Annahme müßte sich, wenn sie richtig wäre, an dem Trabanten unserer Erde bestätigt finden. Wir wollen dieß untersuchen.

Die Schwerkraft, die auf alle der Erde zugehörigen Körper wirkt, muß mit der zunehmenden Entfernung vom Mittelpuncte der Erde abnehmen; denn wir können sie uns mit den Linien, die von dem Schwerpuncte der Erde aus nach allen Richtungen gezogen werden, verbunden vorstellen, wie das Licht mit den von einem leuchtenden Körper gezogenen mathematischen Linien. Jemehr sich jene Kraftstrahlen, um sie so zu nennen, verbreiten, desto schwächer wird die Kraft. Es sey C (Fig. 34.) der Schwerpunct der Erde, ABD die Erdfläche, EFG irgend eine andere Kugelfläche um C. Man nehme auf der erstern einen Flächenraum AB, der hier nur wie ein Bogen erscheint, und verlängere die denselben umgebenden Halbmesser CA, CB bis an die andere Kugelfläche, als nach E und F. Der Raum EF, der auf dieser Kugelfläche abgeschnitten wird, verhält sich zu dem Raume AB, wie das Quadrat von CE zu dem Quadrate von CA. Die Kraft in EF ist daher schwächer als die Kraft in AB, nach dem Verhältniß der Ausbreitung der Linien, mit welcher die Kraft gleichsam verbunden ist, oder in dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen von dem Mittelpuncte der Kraft. Diese Verminderung der Schwerkraft wird schon in mäßigen Höhen über der Erdfläche wirklich wahrgenommen; denn aus den unter dem Aequator angestellten Versuchen über die Länge des Pendels hat man gefunden, daß ein Secundenpendel, um seine gehörigen Schwingungen zu machen, a) an der Meeresfläche 36 Zoll 7, 21 Linien;

b) in einer Höhe von 1466 Toisen 36 Z. 6, 88 Lin., und c) in der Höhe von 2434 T. nur 36 Z. 6, 69 Lin. lang seyn muß. (Bey verminderter Schwerkraft schwingt ein Pendel langsamer, und muß verkürzt werden, um seine richtigen Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu machen; vergl. §. 146. 2).) In noch weit beträchtlichern Entfernungen von der Erde aber würde die Abnahme der Schwere nach dem angegebenen Gesetze sich noch deutlicher zeigen, ja an der Bewegung des Mondes würden wir sie, wenn dieser Weltkörper wirklich gegen die Erde schwer wäre, gleichsam mit Augen sehen. Da nämlich ein Körper in der Nähe der Erdoberfläche, nach dem durch die Erfahrung hinlänglich bestätigten Fallgesetze, in einer Minute oder in 60 Secunden durch einen Raum von 54000 Fuß fällt; so müßte er in einer 60mal größern Entfernung vom Schwerpuncte der Erde, wenn die Schwere in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrats der Entfernung auf ihn wirkte, in eben der Zeit nur 15 F. fallen. Nun ist der Mond in seinem mittlern Abstande etwa 60 Erdhalbmesser vom Mittelpuncte der Erde entfernt; er müßte also, von der Schwerkraft nach der Erde hingetrieben, in 1 Min. 15 Fuß fallen. Es sey ABDE (Fig. 35.) die Erde und FG ein Stück der Mondbahn. Der Mond befinde sich in L und werde vermöge seiner Centrifugalkraft nach der Tangente der Bahn LP fortgeführt, zugleich aber durch die Centripetalkraft nach C hingezogen. LQ sey der Bogen, den der Mond, beyden Kräften gehorchend, in 1 Min. durchläuft, so ist PQ = LN (PQ kann nämlich mit OQ als ziemlich gleich groß angesehen werden, da der Bogen LQ im Verhältniß zur ganzen Mondbahn nur klein ist und daher für die Diagonale eines Parallelogramms LOQN oder LPQN gelten kann) die Größe der Schwerkraft, oder der Raum, um den der Mond, während er LQ zurücklegt, gegen den Mittelpunct der Erde C fällt. Aus der ganzen Umlaufszeit läßt sich der Winkel LCQ berechnen, den der Mond in 1′ beschreibt. Nimmt man LQ für einen Kreisbogen (er ist etwa = 187961 Fuß), so läßt sich aus dem Winkel C und der Größe von LC = 60 Erdhalb-

messer, die Länge LN = PQ finden; sie ist = 15 Fuß. Es ist folglich der Mond, wenn er von L nach Q gekommen, in 1 Min. 15 Fuß gegen die Erde gefallen. Fällt er aber 15 Fuß in 1 Min., so fällt er genau 3600mal langsamer als ein Körper in der Nähe der Erdoberfläche. Nun ist 3600 gerade das Quadrat seiner Entfernung vom Mittelpunct der Erde (60.60 = 3600); folglich sind wir berechtigt anzunehmen, daß eben die Schwerkraft, welcher die Körper auf der Erdoberfläche gehorchen müssen, auch auf den Mond wirkt, nur in dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung.

§. 183.

Sehr natürlich läßt sich das, was wir jetzt für den Mond erwiesen haben, auch auf die Planeten ꝛc. anwenden. So wie jener gegen die Erde schwer ist; so werden alle diese Körper gegen die Sonne schwer seyn, und zufolge dieser unaufhörlich wirkenden Schwerkraft und der ihnen einst mitgetheilten Wurfs- oder Seitenbewegung (oder eines empfangenen Stoßes, dessen Richtung gegen die der Schwere etwa senkrecht war, und der ihnen, wenn er nicht genau durch den Mittelpunct ging, zugleich eine Rotationsbewegung mittheilte; vergl. §. 148.) in ewigem Kreislaufe um die Sonne, als den Centralkörper ihrer Bahnen, gehen.

Es sey daher (Fig. 33.) ABCD ein Theil der Bahn eines Planeten um die Sonne in T, der dadurch, daß der Planet während seiner tangentiellen Bewegung unaufhörlich nach dem Mittelpunct der Kraft T hingezogen wird, sich in eine krumme Linie verwandelt (§. 181.) Die Dreyecke zwischen den in gleichen Zeiten beschriebenen Diagonalen AB, BC, CD und den Linien nach T oder den radiis vectoribus AT, BT, CT ꝛc., als ATB, BTC, CTD, sind, wie schon die Elementargeometrie beweiset, einander gleich *). Da diese Gleichheit auch dann Statt findet, wenn AB, BC, CD, ꝛc. wegen der unablässig wirkenden Cen-

tripetalkraft zu unendlich kleinen Bogen werden; so ist klar, daß der Radius Vector in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume um den Mittelpunct der Sonne T beschreibt, — wodurch das zweyte Kepler'sche Gesetz (§. 162. 2) aus physischen und mechanischen Gründen erwiesen ist. Sind die Centripetalkräfte der Planeten nach der Sonne gerichtet, so müssen sie um diese in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreiben. Da das letztere wirklich geschieht; so muß auch das erstere als wahr angenommen werden. Die Sonne ist demnach der Centralkörper unsers Planetensystems, gegen welchen die großen Körper der Planeten, so auch der Kometen, eine gleichartige Neigung der Schwere haben, wie die Körper auf unserer Erde gegen deren Mittelpunct, oder wie unser Mond und die übrigen Trabanten gegen ihre Hauptplaneten, um welche sie ebenfalls in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreiben.

Daraus, daß die Schwerkraft sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von dem Mittelpuncte der Kraft verhält, läßt sich (was aber hier in der Kürze nicht geschehen kann) erweisen, daß die Bahnen der Planeten und Kometen um die Sonne, da sie von der Kreisfigur abweichen, Ellipsen seyn müssen, in deren einem Brennpuncte die Sonne, als der Mittelpunct der Kraft, sich befindet, wie Kepler schon vor Entdeckung der Schwerkraft gefunden hatte; obgleich unter gewissen Voraussetzungen die Bahn eines Kometen auch einer der übrigen Kegelschnitte, eine Parabel oder Hyperbel seyn kann. Zugleich folgt auch daraus ein Gesetz zur Vergleichung der Umlaufszeiten der Planeten in Verbindung mit ihren mittlern Entfernungen von der Sonne, ebenfalls mit der Erfahrung, nämlich mit dem dritten Kepler'schen Gesetze (§. 167.) übereinstimmend, — ein Gesetz, welchem, wie wir gesehen haben (§. 168.), auch die Trabanten des ♃, des ♄ und des ♁ in Rücksicht auf diese ihre Hauptplaneten, als die Mittelpuncte der auf sie wirkenden Schwerkraft, gehorchen.

Dieselbe Schwerkraft, deren Wirkungen sich auf unserer

Erde, so wie in der Bewegung des ihr zugegebenen Mondes zeigen, ist also eine durch unser ganzes Planeten- und Kometensystem, ja gewiß durch das ganze Universum (vergl. §. 160. und 161.) verbreitete Kraft; daher man ihr den Namen der allgemeinen Schwere oder Gravitation gegeben hat. Man gebraucht auch für die Wirkungen derselben, so wie sie uns erscheinen, das Wort Anziehungskraft oder Attractionskraft, wodurch man aber keinesweges ihre Natur, die uns für jetzt unerklärlich bleibt, bezeichnen will.

Anmerk.

*) Wegen dergleichen Grundlinien AB, Bb sind nämlich die Dreyecke ATB, BTb einander gleich. Dem △BTb ist das BTC gleich, wegen der mit der gemeinschaftlichen Seite BT parallelen bC, in welche die Spitzen b und C fallen. Daher ist das △BTC = △ATB; eben so △CTD = △BTC u. s. w.

§. 184.

Die Entdeckung der allgemeinen Schwere, als der physischen Grundursache aller himmlischen Bewegungen, verdankt die Welt dem Engländer Isaak Newton (Neuton), [1]) geb. zu Walstrope in Linkolnshire d. 25. Dec. 1642., gest. d. 20. März 1727. Dieser tiefsinnige Mathematiker ist also der Schöpfer der physischen Astronomie, so wie der gleich ehrwürdige Kepler, der ihm den Weg gebahnt hatte, der eigentliche Urheber, wenigstens der Vollender der theorischen [2]) Astronomie war.

Newton zeigte nicht nur zuerst mit geometrischer Strenge, daß die Kepler'schen Gesetze als eine nothwendige Folge aus der allgemeinen Gravitation herfließen; sondern er bewies auch mit gleicher Schärfe, daß diese physische Grundkraft ihren Sitz nicht etwa bloß im Mittelpuncte jedes Weltkörpers habe, sondern das Resultat aller Attractionen sey, die jedes einzelne Theilchen seiner Masse hervorbringt; daß alle Körper unsers Sonnensystems u. s. w. eine wechselseitige

Anziehung gegen einander äußern, und zwar in directem Verhältniß der Massen, und in umgekehrtem des Quadrats der Entfernung; daß also z. B. der Mond nicht bloß gegen die Erde, sondern auch gegen die Sonne, die Erde und alle übrigen Planeten nicht allein gegen die Sonne, sondern jeder dieser Körper gegen den andern schwer sey; daß die Erde nicht allein den Mond anziehe, sondern auch von ihm angezogen werde, daß es also eigentlich der gemeinschaftliche Schwerpunct beyder Körper sey, der eine Ellipse um die Sonne beschreibt; daß selbst der Centralkörper unsers Systems, die Sonne, durch die vereinten Gegenwirkungen der Planeten aus ihrer Stelle gebracht werde. Die Allgemeinheit der von ihm entdeckten Grundkraft führte ihn zur vollständigsten Erklärung aller der längst bemerkten, aber bis dahin für unerklärlich gehaltenen Unregelmäßigkeiten und Verrückungen. Die größern und kleinern Gleichungen des Mondlaufs (§. 74—79.) sind hiernach Wirkungen der anziehenden Kraft der Sonne, und hängen eben deswegen, wie wir oben gesehen haben, alle von der Stellung des Mondes gegen die Sonne ab. Die Abweichungen der Planeten und der Kometen von der elliptischen Bewegung, das Fortrücken der Apsiden, das Zurückgehen der Knoten ꝛc. in den Planetenbahnen (§. 164.) sind die von der Anziehung der übrigen Planeten hervorgebrachten Störungen oder Perturbationen, die sich, zufolge eines ähnlichen gegenseitigen Einflusses, auch an den Monden des Jupiters ꝛc. zeigen. Das Vorrücken der Nachtgleichen, die Aenderung der Schiefe der Ekliptik, die Nutation, und alle die scheinbaren Bewegungen der Fixsterne sind nichts anderes als kleine periodische Verrückungen der Erde, die aus den Wirkungen des Mondes oder der Planeten entstehen; selbst das Steigen und Sinken des Meeres durch Ebbe und Fluth ist eine natürliche Folge der vereinigten Attraction des Mondes und der Sonne.

Das Newtonsche Gravitations-System ist nach und nach immer weiter ausgebildet und durch die größten Geometer und Analysten der folgenden Zeit, die

Bernoulli's, Euler, Clairaut, D'Alembert, Tob. Mayer, La Grange u. A., besonders aber durch La Place zu einer solchen Vollkommenheit gebracht worden, daß es keine noch so verwickelte Erscheinung im Sonnensystem giebt, die sich nicht auf das befriedigendste daraus erklären ließe.

Nur noch einer Anwendung jener Theorie, die dem Uneingeweiheten gewöhnlich am unbegreiflichsten scheint, möge hier gedacht werden. Da nämlich die Attraction eine wesentliche Eigenschaft aller Materie, also die Kraft, womit ein Weltkörper andere anzieht, das Resultat aller einzelnen Attractionen jedes Theilchens seiner Masse ist; so muß man umgekehrt aus den verschiedenen Wirkungen der Weltkörper auf einander, die uns die astronomischen Beobachtungen zeigen, das Verhältniß ihrer Massen herleiten, oder ihre Gewichte mit einander vergleichen können, und die Abwägung der Sonne, der Erde und der Planeten, die Vergleichung der Dichtigkeit ihrer Massen, die Bestimmung des Raums, durch den die Körper auf ihrer Oberfläche in einer Secunde fallen, war eine der leichtesten Folgen, die Newton selbst schon aus seiner Theorie zog. Die in dieser Hinsicht von neuern Astronomen berechneten Größen sind folgende:

	a) Masse, die der Erde = 1 gesetzt.	b) Dichtigkeit, die der Erde = 1 gesetzt.	c) Fallhöhe auf der Oberfläche in 1 Sec.
Venus	$\frac{17}{18}$	$1\frac{7}{100}$	14,9586 Par. Fuß
Erde	1	1	15,1096 — —
Mars	$\frac{11}{83}$	$\frac{4}{5}$	17,1275 — —
Jupiter	$315\frac{3}{4}$	$\frac{21}{100}$	40,3832 — —
Saturn.	$95\frac{1}{3}$	$\frac{9}{100}$	14,8600 — —
Uranus	$17\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	13,5800 — —
Sonne	337102	$\frac{1}{4}$	398,0600 — —

Beym Mercurius und dem Monde lassen sich diese Größen nicht mit Sicherheit bestimmen. Aus dem Antheile, den der Mond an der Erhebung des Meeres bey der Fluth hat,

und aus einigen andern Umständen scheint jedoch zu folgen, daß seine Masse etwa zwischen $\frac{1}{60}$ und $\frac{1}{80}$ der Erdmasse sey.

Die Masse oder der materielle Stoff (nicht, was man leicht damit verwechseln könnte, die Größe oder das Volumen; vergl. §. 179. nach B.) des Sonnenkörpers übertrifft also die Masse der Planeten wenigstens 750mal, wodurch die weite Herrschaft der Sonne begreiflich wird.

Anmerk.

1) Er machte seine erhabenen Entdeckungen in dem Werke bekannt: Principia philosophiae naturalis mathematica. Lond. 1687. 4.

2) In den frühern Jahrhunderten gab es bloß eine sphärische Astronomie, d. h. man begnügte sich bloß damit, die Oerter und Bewegungen der Gestirne, wie sie an der eingebildeten Himmelssphäre erscheinen, darzustellen. Die griechischen Mathematiker suchten zwar auf geometrischem Wege die Bahnen der Weltkörper ꝛc. zu berechnen, und so eine Art von theorischer Astronomie zu schaffen; aber da ihnen die wahren Gesetze, nach denen jene Bahnen beschrieben werden, fremd blieben, so blieb auch ihre Theorie der himmlischen Bewegungen sehr fehlerhaft und unvollkommen. Erst dann, als Copernicus die wahre Einrichtung des Sonnensystems, und Kepler die Gesetze, nach denen die Planeten ihre Bewegung vollführen, entdeckt hatten, ward die theorische Astronomie zur Reife gebracht.

Te, qui scrutandis, *Keplere*, his legibus aptus
Prae reliquis, verasque vias certosque vagorum
Astrorum cursus mira mortalibus arte
Monstrasti; — Teque, ingenii qui fortibus alis
Divini evectus, vires excelsa moventes
Sidera, *Neutone*, et sphaerarum foedere coeli
Nexarum aeterno causas nulli ante retectas
Eruere haud frustra es conatus; — Te quoque, terrae,
Qui prior his duplicem, solers *Copernice*, motum
Et veram primus docuisti, magna profecto
Ausus!, compagem mundi; — Vos denique ad unum
Omnes, qui properato horum vestigia passu
Sectati cura vigili resciscere Olympi
Arcana, aetheriasque domos recludere nullo
Tempore cessastis, memori non eximet aevo
Ulla dies, meritaeque fugans oblivia laudis,
Omnia praepetibus rapiet per saecula pennis
Fama et sublimes aeterna in luce reponet.

(*Systema Solare* etc. V. 180—197.)

§. 185.

Da die Weltkörper unsers Sonnensystems durch ihre gegenseitige Attraction in ihren Bewegungen einander stören; so könnte man befürchten, daß hieraus eine nach und nach immer weiter gehende Unordnung, und zuletzt eine gänzliche Zerrüttung und Auflösung des Ganzen entstehen möchte. Allein die tiefen Untersuchungen, welche über diesen wichtigen Gegenstand in unsern Tagen angestellt worden sind, geben das sichere Resultat: daß die Abstände und Bewegungen der planetarischen Körper unsers Sonnensystems nur periodisch ab- und zunehmen, und immer zu einer gewissen mittlern Größe wieder zurückkehren; daß folglich das ganze System, mit geringen Schwankungen, fast in demselben Zustand bleibt. Die Kometen werden ihrer geringen Masse wegen, und nach dem, was oben (§. 174.) bemerkt worden ist, auf diese Ordnung schwerlich jemals einen nachtheiligen Einfluß haben. Alles zeigt uns an, daß gerade die Vertheilung der Massen, die Verhältnisse der Größen, der Abstände und der Umlaufszeiten der Planeten, der Neigungen ihrer Bahnen ꝛc., wie sie wirklich Statt finden, für eine ewige Dauer des Ganzen berechnet sind; daß hingegen bei einer andern Vertheilung eine gänzliche Umwandlung, bey einem andern Verhältniß der Bahnen ꝛc. eine endliche Zerstörung des Sonnensystems erfolgen würde; daß folglich die Zusammenfügung des großen Gebäudes nicht bloß das Resultat mechanischer Kräfte seyn konnte, sondern das Werk einer absichtlich wählenden und verständig ordnenden Macht seyn mußte. Wer ist fähig, diese erhabenen Wahrheiten zu begreifen, ohne voll Dank und Bewunderung die unendliche Weisheit anzubeten, die die vollkommenste Maschine zu unvergänglicher Dauer bestimmte, in ihre erste Einrichtung den Keim der Unsterblichkeit legte, und den Weltkörpern unübersteigliche Grenzen vorzeichnete, in denen ihr einmal eröffneter Sphären-Tanz ohne Verwirrung und Unterbrechung ewig fortdauern kann!

Ende des zweyten Abschnitts.

Register.

Die Zahlen beziehen sich auf die §§.; die bisweilen beygesetzten kleinen lat. Buchstaben a, b, ꝛc. auf die 1ste, 2te ꝛc. Seite eines längern §. — Ebd. heißt ebendaselbst; A. heißt Anmerkung.

A.

Abend, oder West, 7. b. — Dämmerung, 34.
Abendstern, 103. c.
Abirrung, Aberration des Lichts, 158.
Aberrationstafeln, ebd. u. 83.
Abplattung der Erde, 87. 88., der Planeten, 138.
Abweichung der Gestirne, 11.; sie zu finden, 21.
Abweichungskreise, 11.
Achromatische Fernröhre, 2., A. 4.
Aequator des Himmels, 7.; der Erde, 19.; Grund dieser Benennung, 12.
Aequatorhöhe, 15.
Aequinoctialpuncte, 42.; ihre Lage zu finden, 46.
Anomalie, mittlere, wahre, 59. b.
Antipoden, 18. b.
Anziehung, Anziehungskraft, 183.
Aphelium, 124. 162.
Apogäum der Sonne, 51.; des Mondes, 75.
Apsiden, Apsidenlinie, 51. b.; sie zu finden, 60.; ihre Bewegung, 61.
Astrognosie, 2.
Astronomie, theoret. u. praktische, 2., A. 4.; sphärische, theorische u. physische, 184., A. 2.
Atmosphäre der Erde, 31 ff.; der Sonne, 130. b.; des Mondes, 134.; der Planeten, 140. 141.; der Trabanten, 140.; der Kometen, 141. b.
Attraction, Attractionskraft, 182 ff.
Aufsteigung, gerade, 11. b.; sie zu finden, 21. 46.
Axe des Himmels, 4.; der Erde, 19.
Axendrehung der Sonne, 128. 129.; des Mondes, 135.; der Erde, 143 ff.; der Planeten und des H-Ringes, 137. c.; der Trabanten, 139.
Azimuth, 10. b.
Azimuthal-Quadrant, 10. c.

B.

Beharrungsvermögen, 181.
Berge im Monde, 132. 133; in der Sonne, 130. c.; in den Planeten u. ihren Trabanten, 140.
Bewegung, tägliche oder gemeine der Gestirne, 3.; ihre Gleichförmigkeit, 6.; — eigene der Wandelsterne, 36.; — doppelte der Erde, 143 ff. 147 ff.; — rotatorische und progressive, ihre Entstehung, 148.; — krummlinigte, 181.; — der Planeten ꝛc. aus mechanischen Gründen erklärt, 182.
Bradley, 83., A. 2., 158.
Brechung der Lichtstrahlen in der Luft, 31.
Breite der Sterne, 47.; Breitenkreise, ebd.; — geographische 20. b.

C.

Centralbewegung, Centralkräfte, 181.
Centripetal-, Centrifugalkraft, 181.
Ceres, ihre Entdeckung, 37.
Chaldäische Periode, 81. b.
Coluren, s. Koluren.
Cometen, s. Kometen.
Conjunction, 66. c.
Constellation, 24.
Copernicus, dessen System, 147. c., 159.
Correspondirende Höhen, 13.
Culmination, culminiren, 7. b.

D.

Dämmerung, ihre Entstehung und Grenzen, 34.
Declination, s. Abweichung.
Digression, größte des ☿, 106.; der ♀, 103.
Dichtigkeit der Sonne, der Planeten ꝛc., 184.
Durchgänge der untern Planeten durch die ☉, 107.
Durchmesser, scheinbarer der ☉, 51.; des ☽, 75.; der Planeten, 103 ff.; wahrer, 95. 96. 179.

E.

Ebenen der himml. Kreise, 7., A. 1.
Ekliptik, 42. 70. b.; Schiefe, 45.
Elemente der Planetenbahnen, 164 ff.; der Kometenbahnen, 125. 172.
Ellipse, Eigenschaften ders., 64. A. 1., 124. A.
Entfernung, wahre der Himmelsk., wie sie gefunden wird, 95. 96. 178.; Tafeln dazu 178. 180.
Epoche, 65., A. 2.
Erde, Beweise für ihre Kugelgestalt, 18. 44. 69.; ihre Abplattung, 87 ff.; Abmessungen des Erd-Sphäroids, 89.; — Rotation, 143 ff.; jährliche Bewegung, 147 ff.
Erdaxe, 19; ihre Länge, 88. b.
Erdbahn, ihre wahre Gestalt, 162.
Erdferne, Erdnähe, der ☉, 51; des ☽, 75.
Erdglobus, künstlicher, 19., A.
Evection des Mondes, 77.
Excentricität, 64. A. 1.; der scheinb. Sonnenbahn, 64.; Mondbahn, 76.; der Planetenbahnen, 164-166.
Excentrische Kreisbewegung, 51. 62. 63.

F.

Fall der Körper, in Hinsicht der Rotation der Erde, 146. c.; Fallhöhe in 1 Sec. auf der Sonne und den Planeten, 184.
Ferro, Meridian (erster), 20.
Finsternisse, s. Sonnen- und Mondf. Bedingungen und Perioden ders., 81.; ihre Berechnung, 97 ff.
Firmament, 1.
Fixsterne, 22 ff.; Grund dieser Benennung, 22. 39. b.; ihre ungeheuren Entfernungen, 90. 157.; wahrscheinliche Abstände u. Größe der nächsten, 157.; sie sind Sonnen, 90. c., 157. b.; ihre eigene Bewegung, 160. c.
Flecken der Himmelskörper überh., 127.; der Sonne, 128.; des Mondes, 132.; der Planeten, 137.; der Trabanten, 139.
Frühlingspunct, 11. 42.
Fußpunct (Nadir), 7.

G.

Gegenfüßler, 18. b.
Gegenschein, 66. c.
Geocentrische Bewegung, 108.
Geschwindigkeit des Lichts, 118. 158. d.
Gesetze der Planetenbewegungen, 162 ff.
Gesichtskreis, 1.
Gestalt, runde der Erde, s. Erde; abgeplattete, ebd.
Gleichförmigkeit der täglichen Bewegung, 6.
Gleichung des Mittelpuncts, 59. b., 62.
Gleichung der Zeit, 53.
Gleichungen des Mondes, 77. 78.

Grade eines Erdmeridians, 85. 87.
Gradmessungen, 85 ff.
Gravitation, 183 f.
Größe, wahre der ☉, 96.; des ☽, 95.; der Erde, 88. 89.; der Planeten, 179.; der Trabanten, 180.

H.

Halbmesser der Erde, 89.
Halbschatten, 98.
Halley'scher Komet, 169.
Heliocentrische Bewegung, 108.
Herbstpunct, 42.
Himmelscharten, 24., A. 1.
Himmelsgewölbe, Himmelssphäre, 1. 4.; eingedrückte Gestalt, 35.; blaue Farbe, 34. b.
Himmelsgegenden, 7. b.
Himmelsglobus, Beschreibung, 5.; ihn richtig zu stellen, 8. 17.; Ekliptik auf demf., 43.
Hipparchus, 81., A.
Horizont, 1. 7.; Horizontalebene, 1.
Höhe, scheinbare der Gestirne, 9.; sie zu messen, 10.
Höhenquadrant, s. Quadrant.
Hyperbel, 124., A.

J.

Jahr, tropisches, siderisches, 55; anomalistisches, 61.; Mondenjahr, 73.
Jahreszeiten, ihre Entstehung, 152.; Veranschaulichung durch das Tellurium, ebd. d.
Jährliche Gleichung d. Mondes, 77.
Instrumente, astronomische, 2., A. 4.
Jovilabium, 118., A.
Irrsterne, 36.
Juno, ihre Entdeckung, 37.
Jupiter, 36. b.; scheinb. Bewegung, 111.
Jupiterstrabanten, 116.; ihre scheinb. Bewegung, ebd.; Finsternisse, ebd.; Umlaufszeiten, 117.; scheinb. Abstände vom Jupiter, ebd.; wahre Abstände u. Größen, 180.

K.

Kegelschnitte, 124., A.
Kepler, 163.; Kepler'sche Gesetze 164. 167.
Kernschatten, 198.
Knoten des Mondes, 79.; der Planeten, 107. 164.
Koluren, 42. b.
Kometen, 38. b.; das Allgemeine ihres scheinb. Laufs, 124.; Große Excentricität ihrer Bahnen, parabolische Berechnung und Elemente derselben, 125.; Elliptische Berechnung, 126. 171.; Identität der Kometen, 126.; Wiederkehr derselben, 169. 170.; Kern und Dunsthülle, 141.; Schweife, 142.; geringe Masse, 174.; Große Zahl, 175.
Kometenbahnen, wahre, 169 ff.; hyperbolische, 173.; Elliptische Elemente einiger, 172.; Zahl aller bis jetzt berechneten, 171.
Kreisbewegung, ihre Erklärung, 181.
Kreislinien am Himmel, 6. 7.; auf der Erde, 19.

L.

Länge der Sonne, der Sterne 1c. 47. 50. b.; mittlere der ☉, 56. b.; — geographische, 20.; sie zu finden 71. b., 82. 98. c., 118.
Libration des Mondes, 135.
Licht, allmälige Fortpflanzung, 118.; Brechung, s. Strahlenbrechung.
Lichtgestalten, des Mondes, 66.; des ☿, 106; d. ♀, 104.; des ♂, 110.; der Kometen, unmerklich, 141. b.
Luft, blaue Farbe derf., 34. b.
Luftkreis, s. Atmosphäre.

M.

Mars, 36. b.; scheinb. Bewegung, 109.
Masse der Sonne, der Planeten 1c., 184.; geringe der Kometen, 174.
Mauerquadrant, 114. b.
Mercurius, 36. b; scheinb. Bewegung, Phasen 1c. 106.; Durchgänge durch die Sonne, 106. 107

Mètre, 88., A.
Meile, geographische, 85. 89.
Meridian am Himmel, 7.; auf der Erde, 19.; erster, 20.; Meridianunterschied, 71. b.
Mikrometer, 51., A.
Milchstraße, 28. 161.
Mittag, 7. b.
Mittagsfernrohr, 14. b.
Mittagsfläche, 7. b.; sie zu finden, 14.
Mittagshöhe, 14. b.
Mittagskreis, s. Meridian.
Mittagslinie, 7. b.
Mittagsunterschied, 71. b.
Mittelpunct der Kraft, 181.; gemeinschaftlicher der Planetenbahnen, 159. 163. b. 183.
Mitternacht, 7. b.
Monat, siderischer, petiodischer, synodischer, 72.; anomalistischer, 76. b.; Knoten- oder Drachenmonat, 79. b.; bürgerlicher, 73.; Sonnenmonat, ebd.
Mond, das Allgemeine seines Laufs, Phasen ꝛc., 67. 68.; kehrt der Erde immer dieselbe Seite zu, 68. 135.; Rotation, ebd.; tägliche und stündliche Bewegung, 72. b.; mittlere und wahre, 74.; elliptische, 75. 76.; große und kleine Gleichungen, 77. 78.; Neigung der Bahn, Knoten ꝛc. 79.; Parallaxe, 94.; Abstand von der ♁, 95.; scheinb. Durchmesser, 75.; wahrer, 95.; Größe, ebd.
Mondatmosphäre, 134. b.
Mondberge, 132 f.
Mondbewohner, 134. c.
Mondcharten, 131.
Mondflecken, 132.
Mondmeere, giebt es nicht, 134.
Mondtafeln, 78. b.
Mondtopographie, 131.
Mondfinsternisse, 69.; Berechnung, Grenzen ꝛc. derselben, 98 ff.; partiale, totale, centrale, 100.
Mondjahr, 73.
Morgendämmerung, 34.
Morgenpunct, Ostpunct, 7. b.
Morgen- und Abendstern, 103. c.

N.

Nachtbogen der Gestirne, 12.
Nachtgleichen, 42.; Vorrücken ders., 48.; Erklärung u. Folgen, 49. 50. 153.; physische Ursache, 184.
Nadir, 2.
Nebelflecken, Nebelsterne, 29. b.; Nebelflecken sind Milchstraßen, 161.
Nebenplaneten, s. Trabanten.
Neigung der Mondbahn, 79.; der Planetenbahnen, 107. 110. ff. 164. 165.; der Trabantenbahnen, 116. 119. 123.; der Kometenbahnen, 125. 174.
Neumond, 66. c.
Newton, dessen System, 184.
Nord, Nordpunct, 3. 7. b.
Nutation, 83.; ihre Entstehung, 153.; physische Ursache, 184.
Nutationstafeln, 83.

O.

Octanten des Mondes, 66. c.
Opposition, 66. c.
Optische Werkzeuge, 2., A. 4.
Ortsbestimmungen am Himmel, 11. 47.; auf der Erde, 20.
Ost, Ostpunct, 3. 7. b.

P.

Pallas, ihre Entdeckung, 37.
Parabel, 124., A.
Parabolischer Lauf der Kometen, 125. 173.
Parallatische Maschine, 6.
Parallaxe, 92.; die des ☽ zu finden, 94.; die der ☉, 96. 176.; die des ♂, 176. A.
Parallaxe der Fixsterne, tägliche ist unmerklich, 90. 91.; jährliche, 156. 157.
Parallelismus der Erdaxe, 152.
Parallelkreise am Himmel, 6.; auf der Erde, 19.
Passage-Instrument, 14. b.
Pendel, Länge desselben unter verschiedenen Breiten, 146. 182.
Perigäum der Sonne, 51.; des Mondes, 75.
Perihelium, 124. 162.
Perturbationen, s. Störungen.
Phasen, s. Lichtgestalten.
Planeten, 36.; ihre Zeichen, ebd. b.; wodurch sie sich von den Fix-

sternen unterscheiden lassen, 37.; untere u. obere, 108. b.; ihre Aufeinanderfolge, 110.; ihr Lauf um die ☉, 113.; erste u. zweyte Ungleichheit ihrer Bewegung, 114. 154.
Planetenbahnen, sind elliptisch 163.; Elemente derselben, u. Gesetze, nach welchen sie beschrieben werden, 164.; Elementen-Tafeln, 165.
Planetenbewohner, 140.
Platonisches Jahr, 49., A. 2.
Polarkreise am Himmel, 42.; auf der Erde, 44.
Polarstern, 3.
Pole des Himmels, 4.; des Horizonts, 7.; der Erde, 19.; der Ekliptik, 42.
Polhöhe, 15.; sie zu finden, 16.
Präcession, 48.; s. Vorrücken der Nachtgleichen.
Progression in den Abständen der Planeten, 166.
Ptolemäus, dessen System, 114.; A. 1.

Q.

Quadrant, Höhenquadrant, 10., am Globus, 5. 9.
Quadraturen des ☽, 66. c.

R.

Radius Vector, 59.
Rechtläufig (rechtgängig) 36. 103. 109 ff.
Rectascension, s. Aufsteigung.
Reflexion der Lichtstrahlen in der Luft, 34.
Refraction, s. Strahlenbrechung.
Refractionstafeln, 33. b.
Ring des Saturnus, s. Saturnus.
Rotation, s. Axendrehung.
Rückläufig (rückgängig), wie bey rechtläufig.

S.

Satelliten, s. Trabanten.
Saturnus, 36. b.; scheinb. Bewegung, 111.
Saturnsring, 120 ff., doppelter, 121.; Größenverhältnisse beyder Ringe, 121.; Dimensionen in Meilen, 179. d.; Rotation, 137. c.
Saturnstrabanten, 119.; scheinb. Abstände, Umlaufszeiten u. s. w. ebd.; wahre Abstände u. Größen, 180.
Säculargleichungen des ☽, 74.
Schaltjahr, Schalttag, 56.
Schattenkegel der Erde, Länge und Halbmesser dess., 99.
Scheitelkreise, 9.
Scheitelpunct (Zenith), 7.
Schiefe der Ekliptik, s. Ekliptik.
Schwanken der Erdaxe, s. Nutation.
Schwanken des Mondes, s. Libration.
Schwere auf der Erde, 7. A. 3.; allgemeine, 160. 183.; hält den ☽ in seiner Bahn, 132.; und die Planeten, 183.; Gesetz ihrer Abnahme, 182.
Schwerpunct, gemeinschaftlicher der Erde und des Mondes, der Sonne und der Planeten, 184.
Schwungkraft, 181.
Secundenpendel, s. Pendel.
Seleniten, s. Mondbewohner.
Selenotopographie, 131.
Solstitium, Solstitialpuncte, 42.
Sonne, ihre scheinb. Bewegung, 41 ff.; Länge, 47.; Veränderlichkeit der scheinb. Durchmesser, ungleichförmige Bewegung, 51.; mittlere Bewegung, 58.; Excentrische Kreisbewegung, geprüft, 59 ff.; elliptische Beweg., 64 ff. Parallare, 96. 176.; Entfernung u. Größe, 96; Rotation, 128. 129.; Naturbeschaffenheit, 130.; eigene (progressive) Bewegung, 160. c.
Sonnenäquator, Lage desselben 2c., 128.
Sonnenbewohner, 130. c.
Sonnenfackeln, Sonnenflecken, 130. 128.
Sonnenferne, Sonnennähe, s. Aphelium, Perihelium.
Sonnenfinsternisse, 70.; Berech-

nung ꝛc., 101 ff.; partiale, totale, ringförmige, ebd.
Sonnenjahr, s. Jahr.
Sonnensystem, wahre Einrichtung dess., 159.; Umfang, 160.; Beständbarkeit, 185.
Sonnensysteme, so viele, als es Fixsterne giebt, 160.
Sonnentafeln, 65. c.
Sonnentag, Sonnenzeit, 52.
Sonnenwende, 42.
Spiegelteleskope, 2., A. 4.
Sterne, s. Fixsterne.
Sternbedeckungen, 82.
Sternbilder, 24.; des Thierkreises, 25.; nördliche, südliche, 26.; neuere, 26. c.
Sterncharten, 24., A. 1.
Sternkataloge, ebd.
Sterntag, Sternzeit, 6. 54.
Sternuhr, 54.
Stillstehen des ☿ und der ♀, 103 106.; des ♂ ꝛc. 109 ff.
Störungen der Weltkörper unter einander, eine Folge der allgemeinen Schwere, 184.
Stoßkraft, 181. 182.
Strahlenbrechung, 31.; astronomische, 32.; sie zu bestimmen, 33.
Stundenwinkel, 13.
Süd, Südpunct, 3. 7. b.
Synodischer Monat, 72.
Syzygien, 66. c.

T.

Tag, astronomischer, 52. b.; seine Ungleichheit, ebd.
Tagebogen der Gestirne, 12.
Tägliche (gemeine) Bewegung, 6.
Teleskope, 2., A. 4.
Thierkreis, Sternbilder dess., 25.; Zeichen, 50.
Thierkreislicht, 130. d.
Toise, 85., A.
Trabanten der Planeten, 38. 115.; ihre wahren Bewegungen, 168.
Tropisches Jahr, 55.
Tycho, dessen System, 114., A. 2.

U.

Umdrehung, s. Axendrehung.
Umlaufszeiten, s. Sonne, Mond, Planeten ꝛc.
Ungleichheit, 1ste u. 2te der Planeten, 114.; Erklärung ders., 154.
Uranus, seine Entdeckung, 37.; scheinb. Bewegung, 111.
Uranus-Trabanten, 123.; scheinb. Abstände, Umlaufszeiten, ebd.; wahre Abstände ꝛc., 180.

V.

Variation des Mondes, 77.
Venus, 36. b.; scheinb. Bewegung, Phasen ꝛc., 103 ff.; Durchgänge ꝛc., 104. 107.
Vertical, Verticallinie, 7.; Verticalkreise, 9.
Vesta, ihre Entdeckung, 37.
Viertel des Mondes, 66. b.
Vollmond, ebd.
Vorrücken der Nachtgleichen, s. Nachtgleichen.

W.

Wandelsterne, 36. 39.
Welt, 1.; Weltaxe, 4.; Weltpole, ebd.
Weltall, Unermeßlichkeit dess., 161.
Weltsystem, wahres, 159 ff.
Weltgegenden, s. Himmelsgegenden.
Wendekreise am Himmel, 42.; auf der Erde, 44.
West, Westpunct, 3. 7. b.
Winkelmesser, 2., A. 4.
Wurfsbewegung, Wurfskraft, 181.

Z.

Zeichen des Thierkreises, 50.; symbolische der ☉, des ☽ und der Planeten, 36.
Zeit, mittlere und wahre, 52. b.; Zeitgleichung, 53.
Zenith, 7.; Zenithabstand eines Sterns, 10. b.
Zodiacus, s. Thierkreis.
Zodiacallicht, s. Thierkreislicht.
Zolle, bey Finsternissen, 100. b.
Zurückweichen der Aequinoctialpuncte, 48.
Zusammenkunft (Conjunction), 66. c.
Zusammengesetzte Bewegung, 181

Verbesserungen.

S.	36	Z.	8	v. u.	lese man: von der 2ten Gr., im Schwanze.
—	38	—	15	v. u.	— — Eridanus (Eridan = Fluß).
—	—	—	2	v. u.	— — Fomahand st. Famahand.
—	40	—	11	v. u.	— — Schiff Argo,
—	63	—	4	v. o.	— — 0,521 Secunden st. Stunden.
—	89	—	1 u. 2.	v. o.	— — der Sonne zu der Zeit, da sie ꝛc.
—	126	—	10	v. o.	— — die Ebene, welche ꝛc.
—	191	—	6	v. o.	— — sind aber von dem Hrn. v. Lindenau ꝛc.
—	212	—	12	v. u.	— — nicht vollkommen kugelförmiger ꝛc.
—	236	—	5	v. u.	— — mit irgend einem Planeten vergleicht; so ꝛc.

Fig. 1.

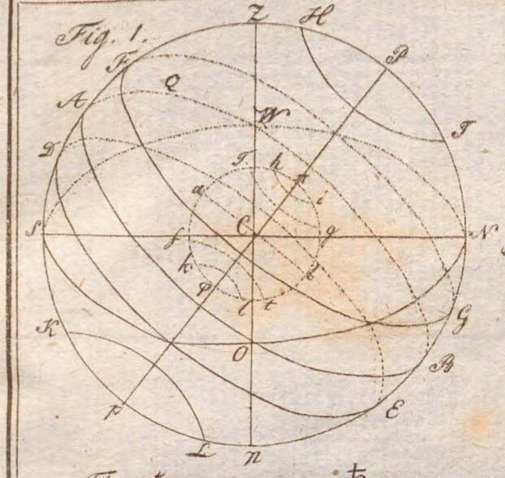


Fig. 2.

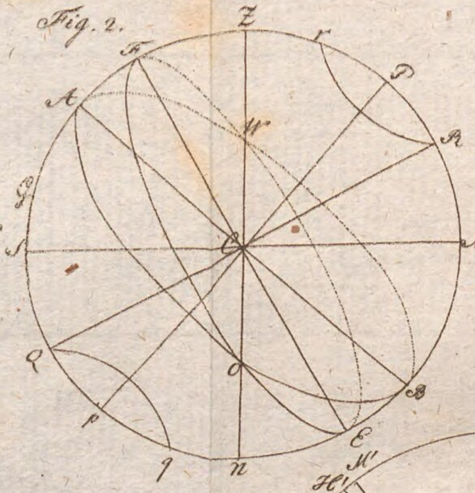


Fig. 3.

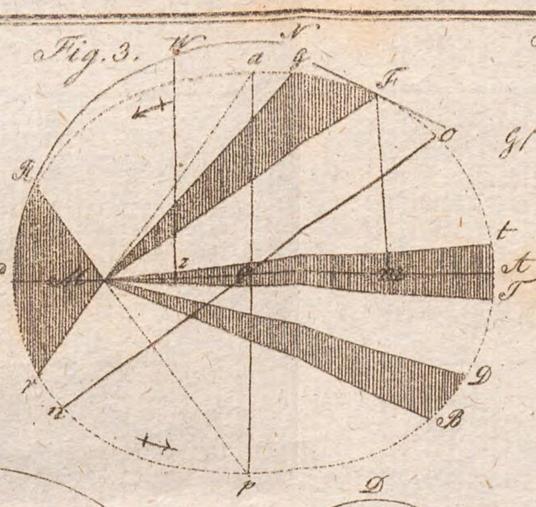


Fig. 4.

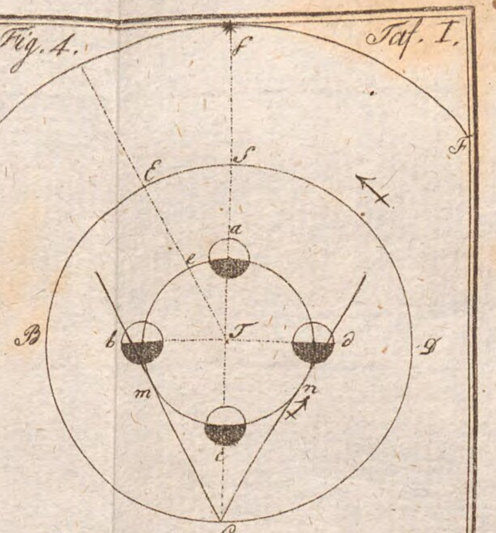


Fig. 5.

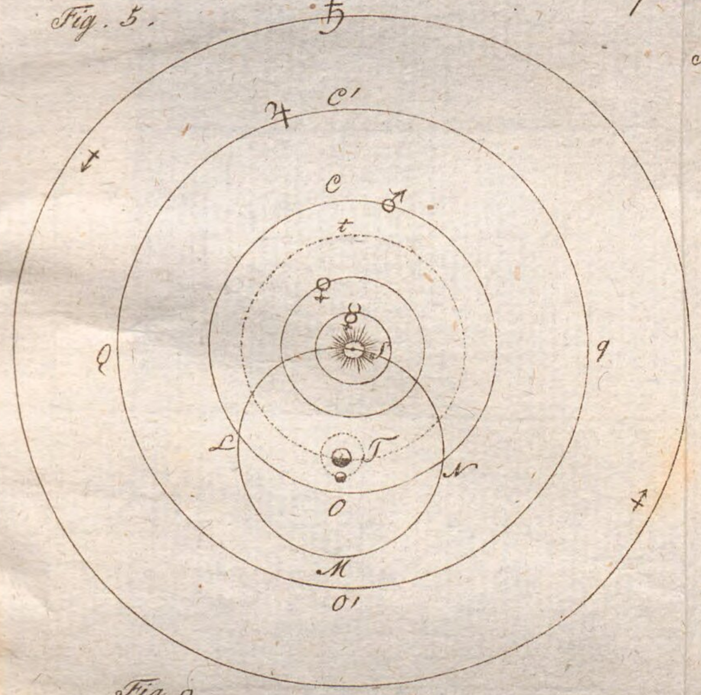


Fig. 6.

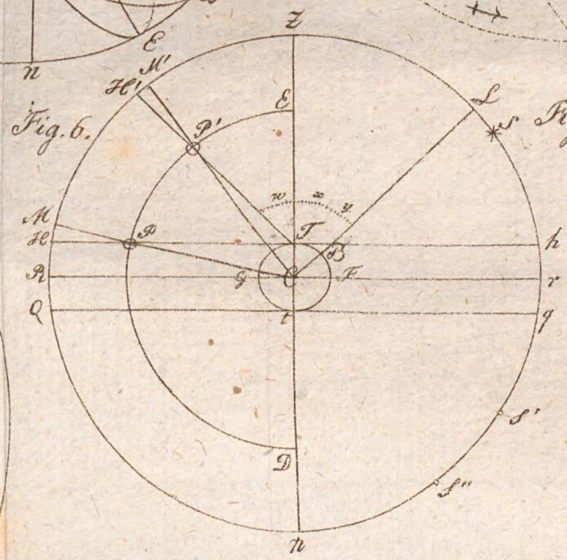


Fig. 7.

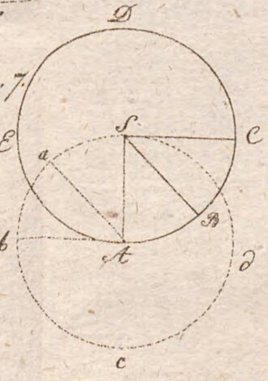


Fig. 8.

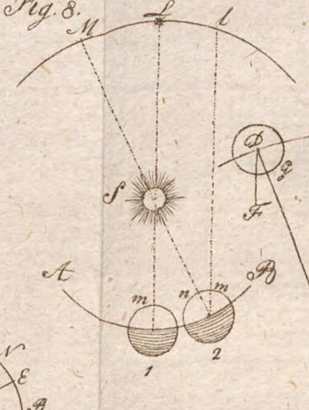


Fig. 8*.

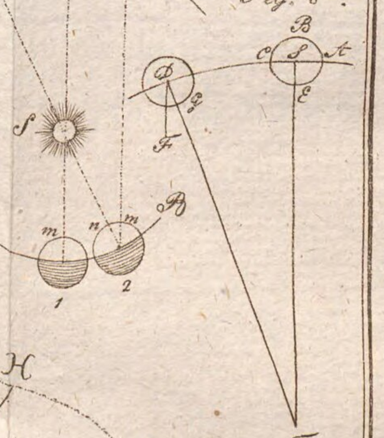


Fig. 9.

Fig. 10.*

Fig. 10. (a)

Fig. 10. (b)

Fig. 10. (c)

Fig. 10. (d)

Fig. 10. (e)

Fig. 10. (f)

Fig. 10. (g)

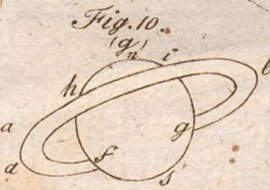


Fig. 11.

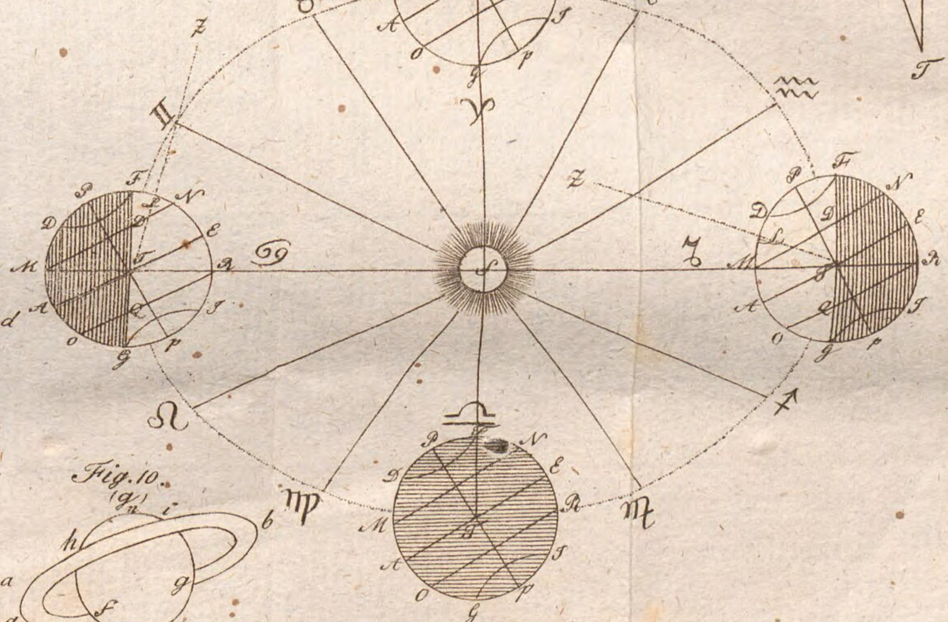


Fig. 12.

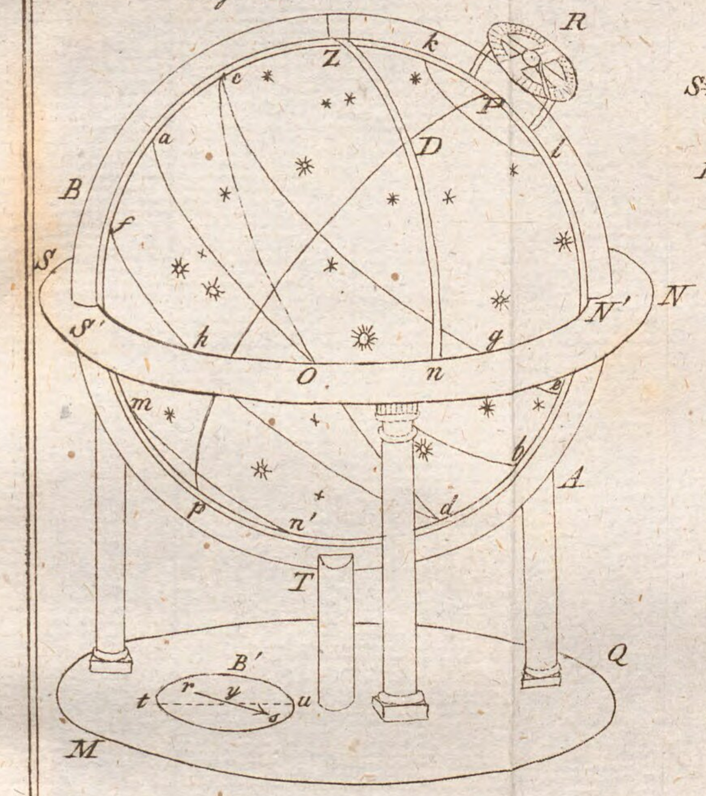


Fig. 12.*

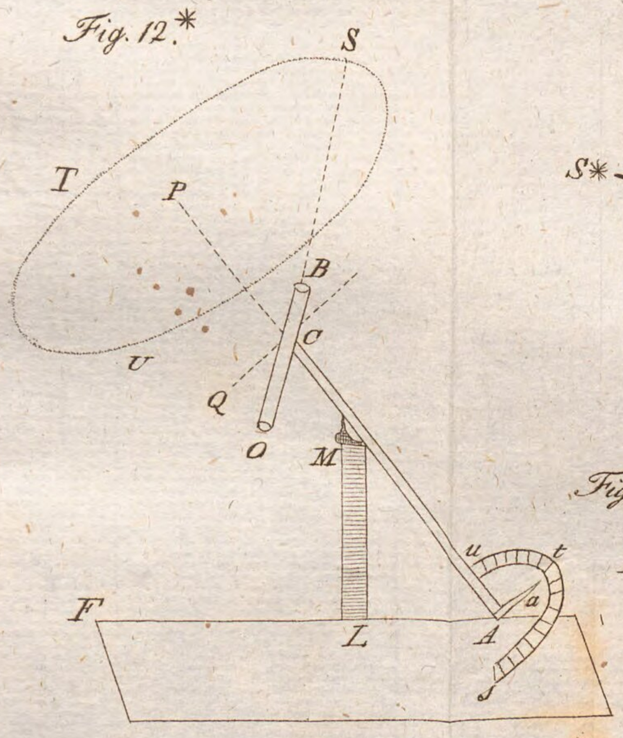


Fig. 13.

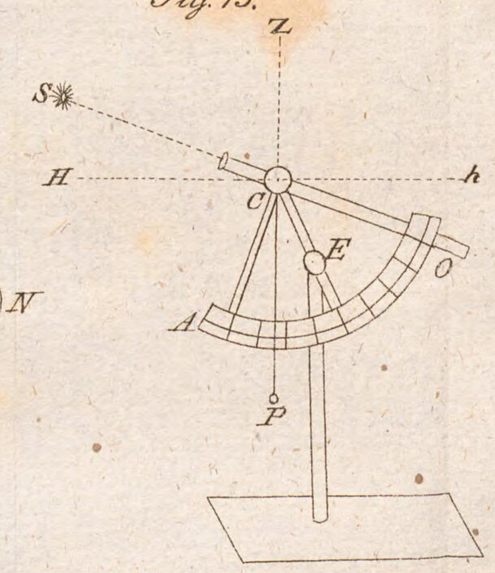


Fig. 13.*

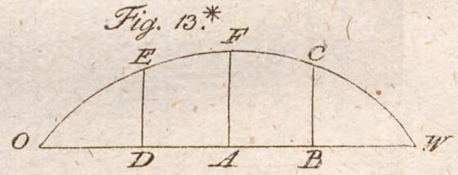


Fig. 14.

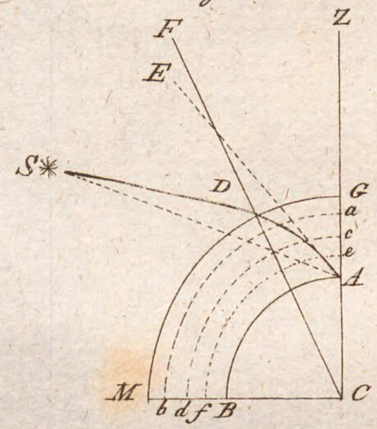


Fig. 14.*

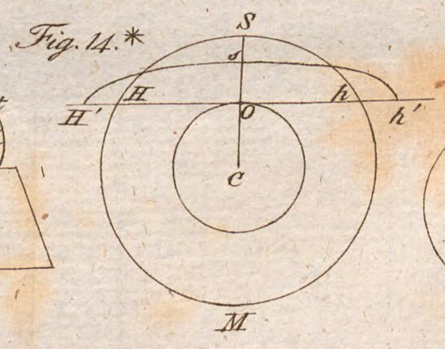


Fig. 15.

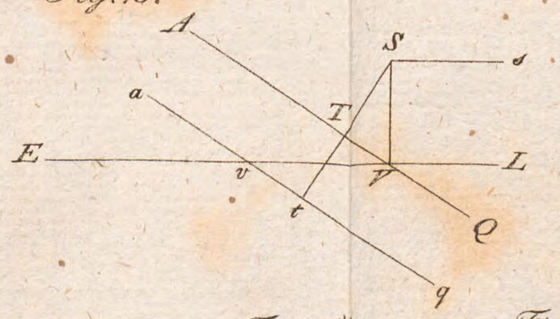


Fig. 15.*

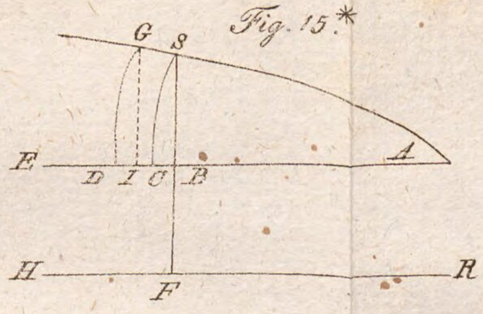


Fig. 15.**

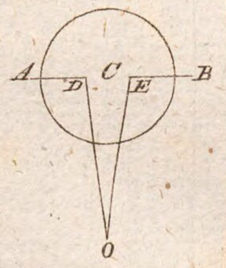


Fig. 15.(a.)

Fig. 15.(b.)

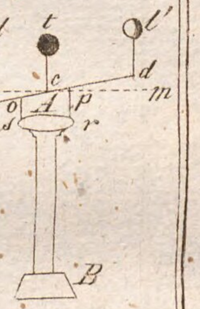


Fig. 16.

Fig. 16.*

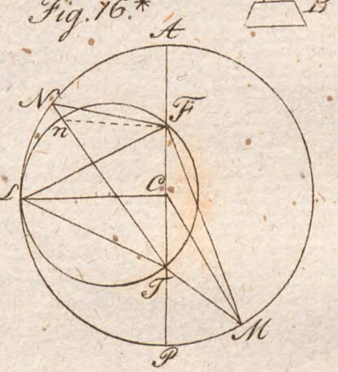


Fig. 17.

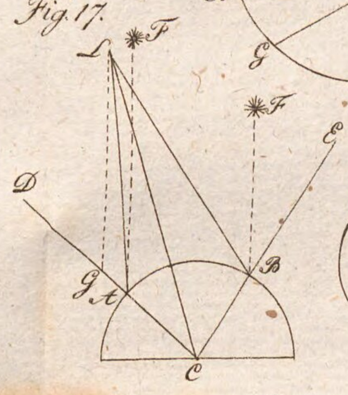


Fig. 17.**

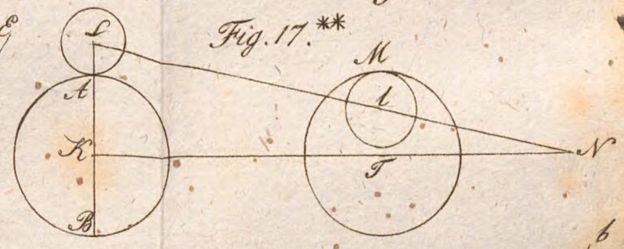


Fig. 17.*

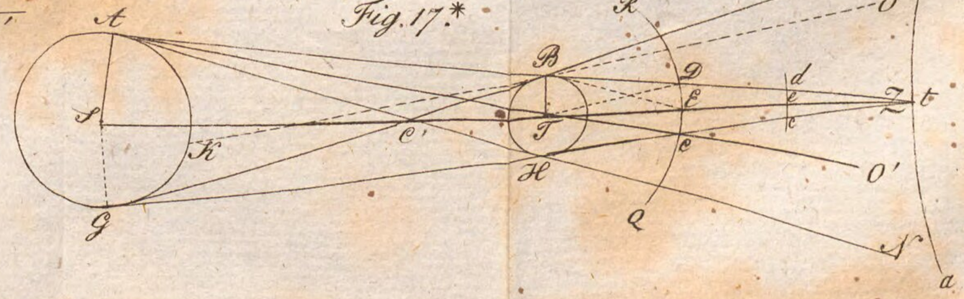


Fig. III.

Fig. 18.

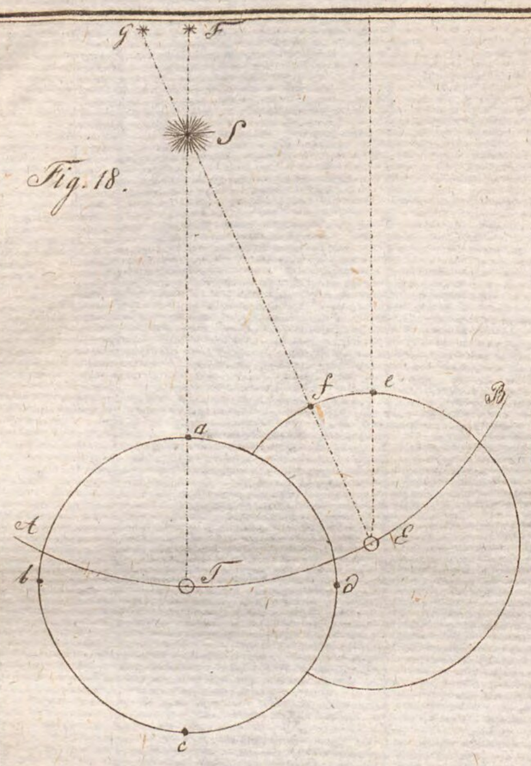


Fig. 19.

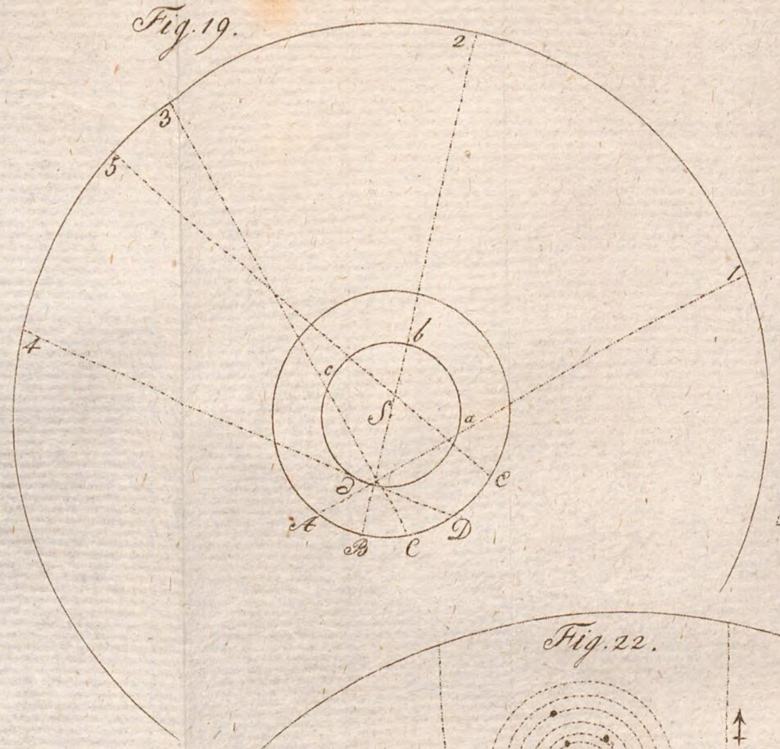


Fig. 21.

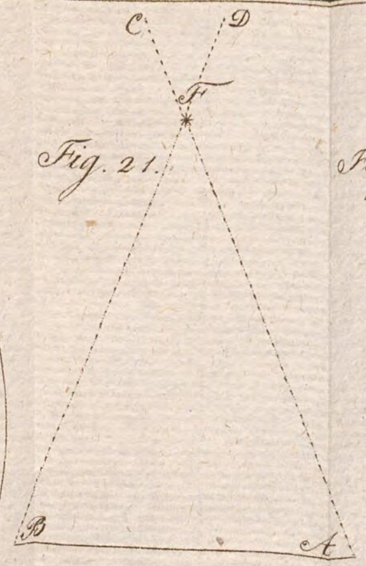


Fig. 23.

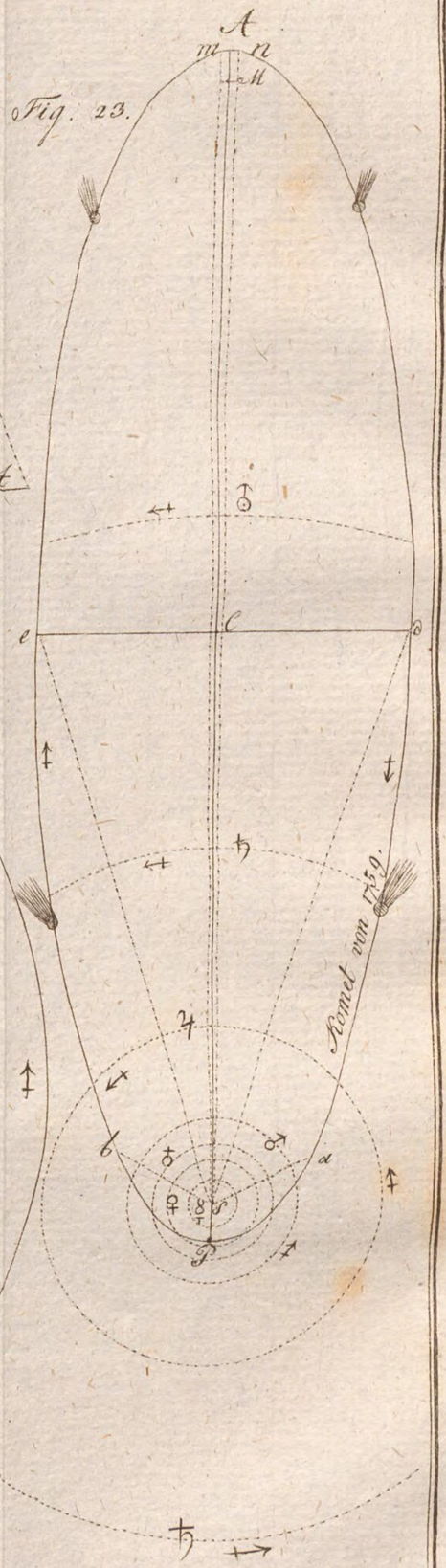


Fig. 20.

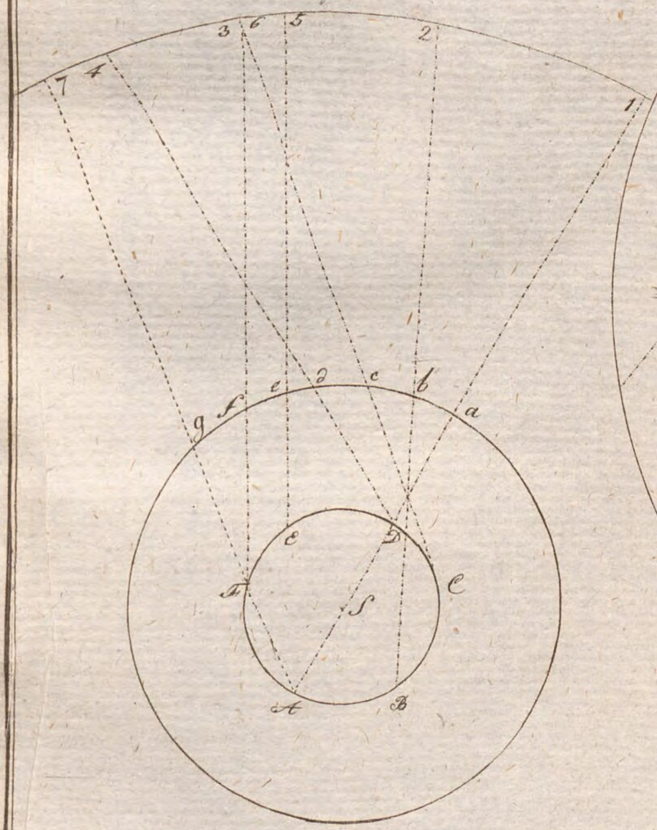


Fig. 22.

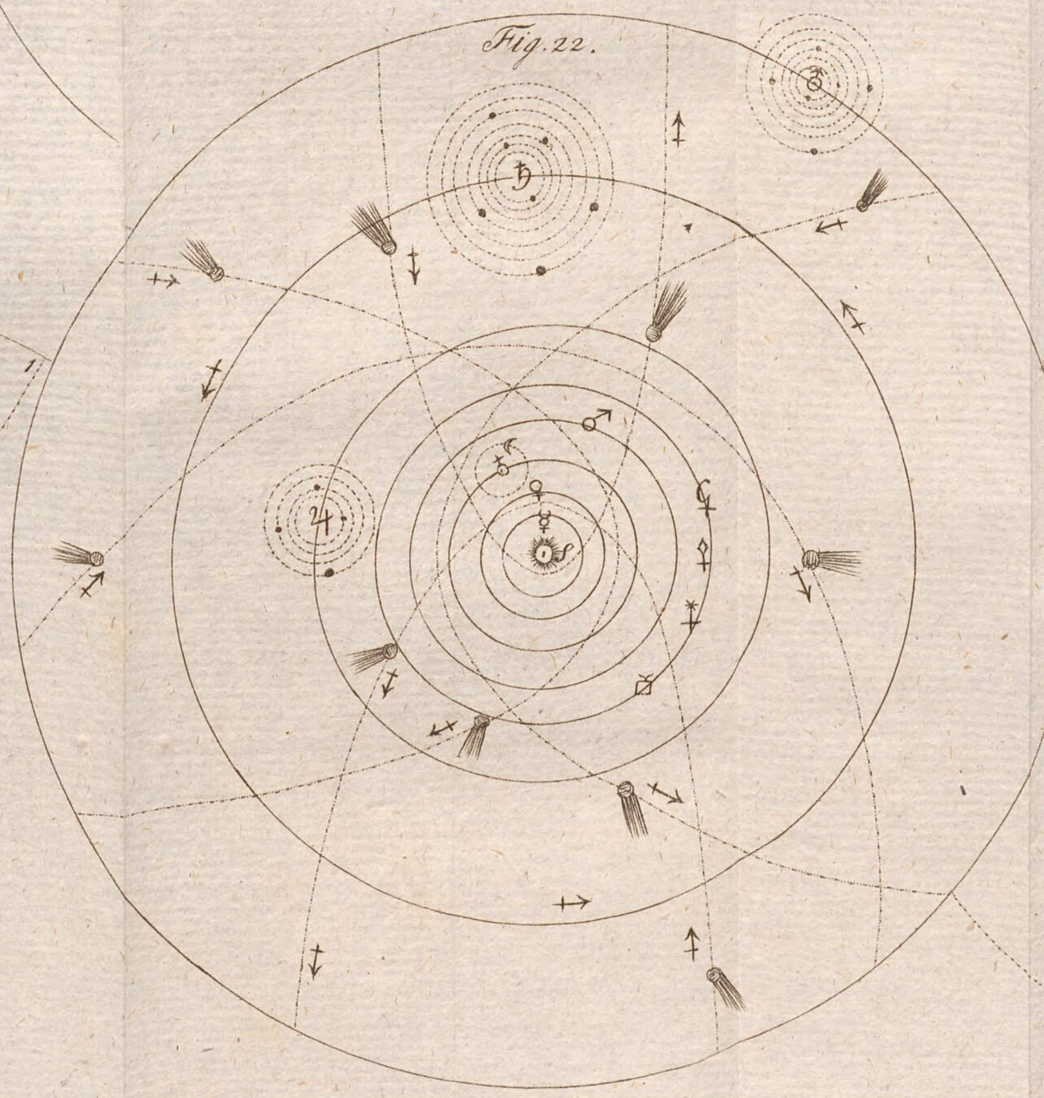


Fig. 24.

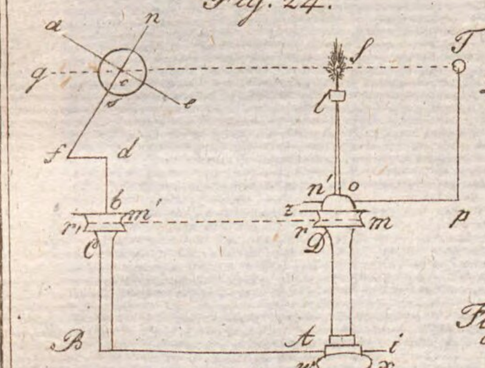


Fig. 24*.

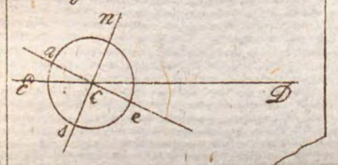


Fig. 29.

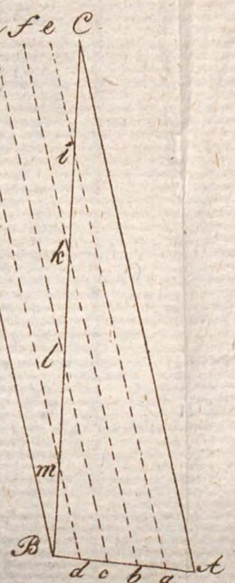


Fig. 33.

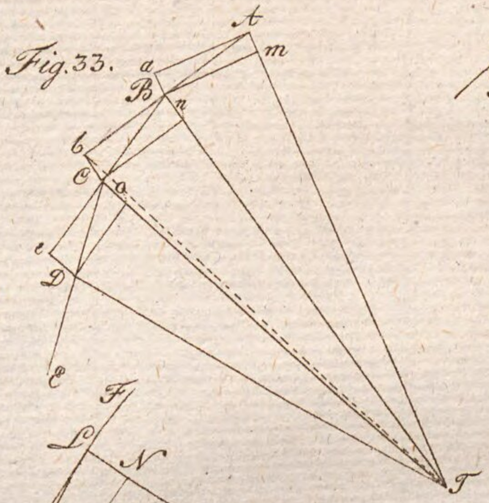


Fig. 35.

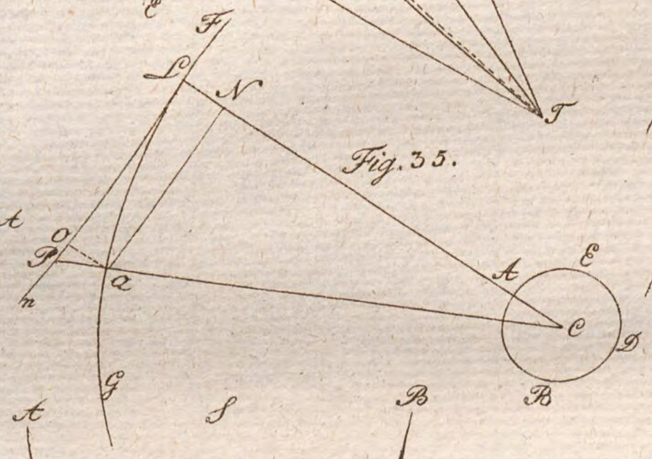


Fig. 31.

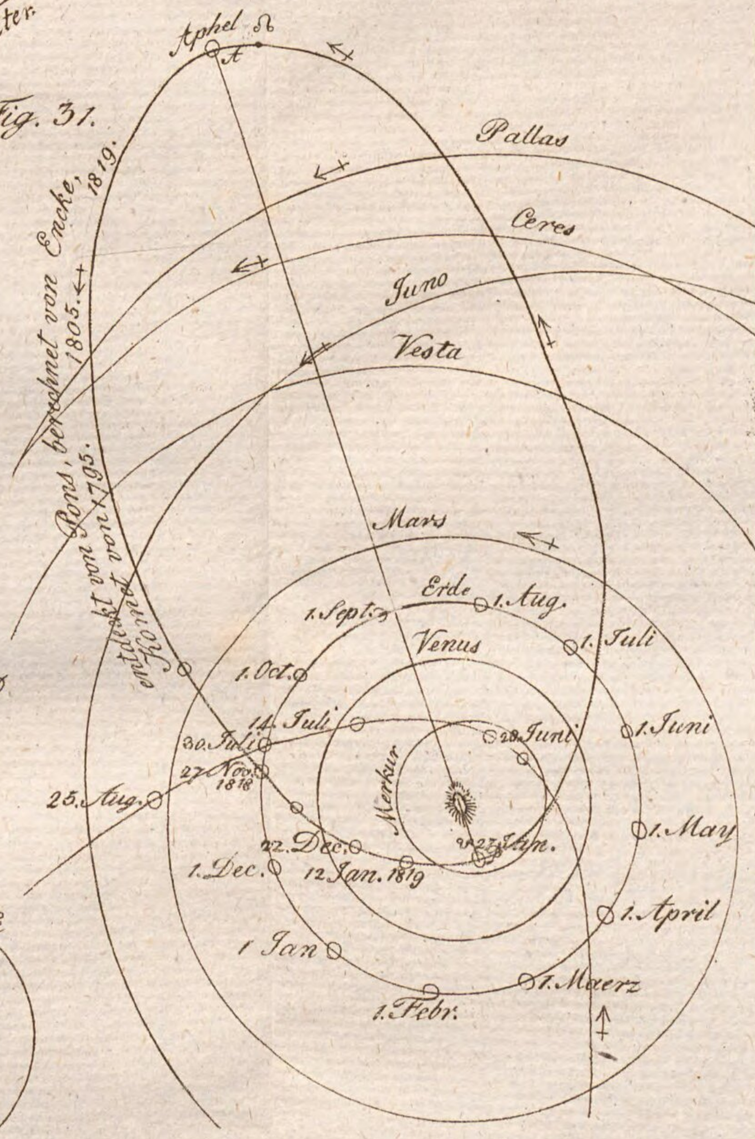


Fig. 25.

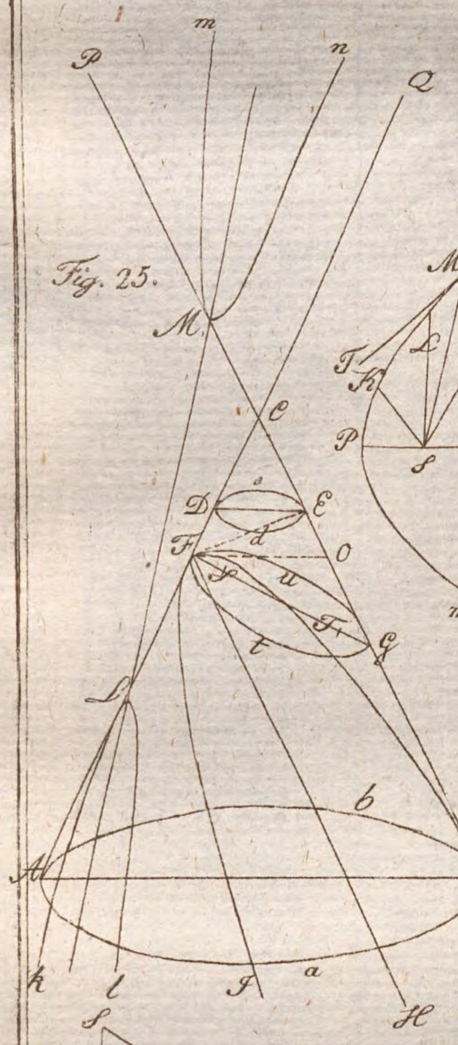


Fig. 26.

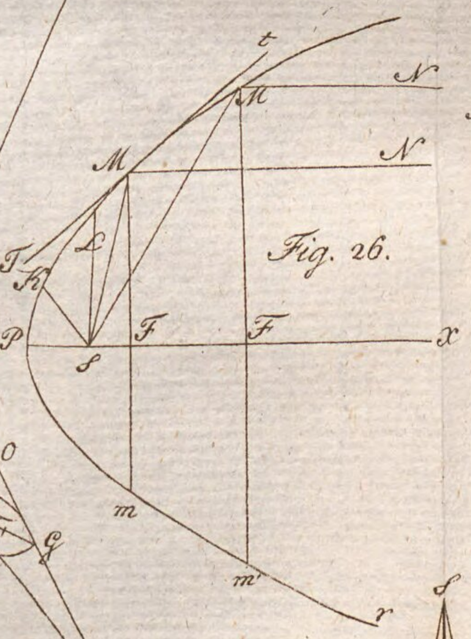


Fig. 34.

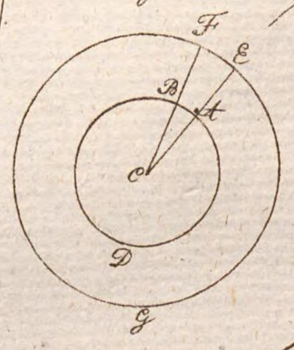


Fig. 32.

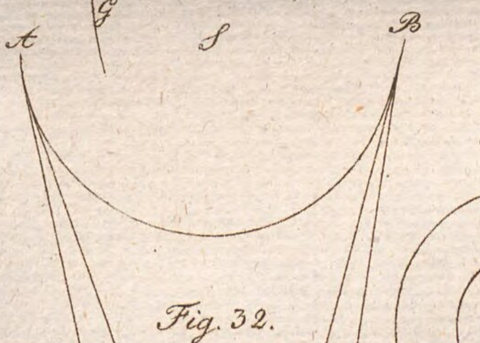


Fig. 30.

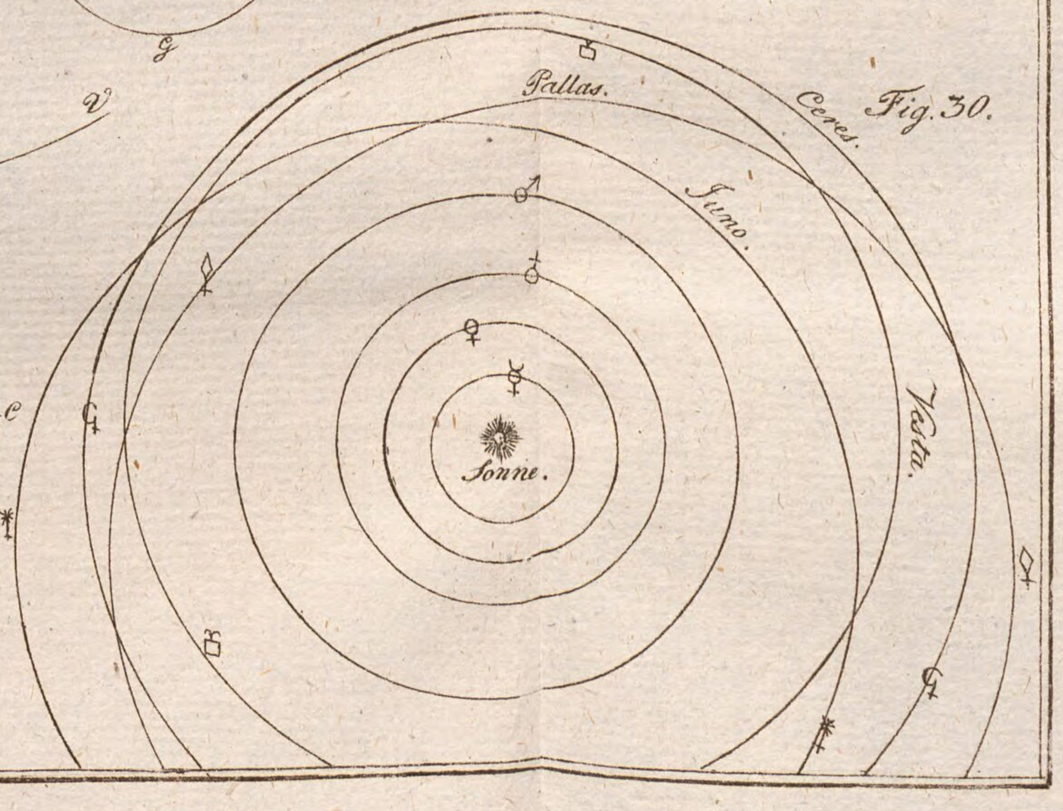


Fig. 28.

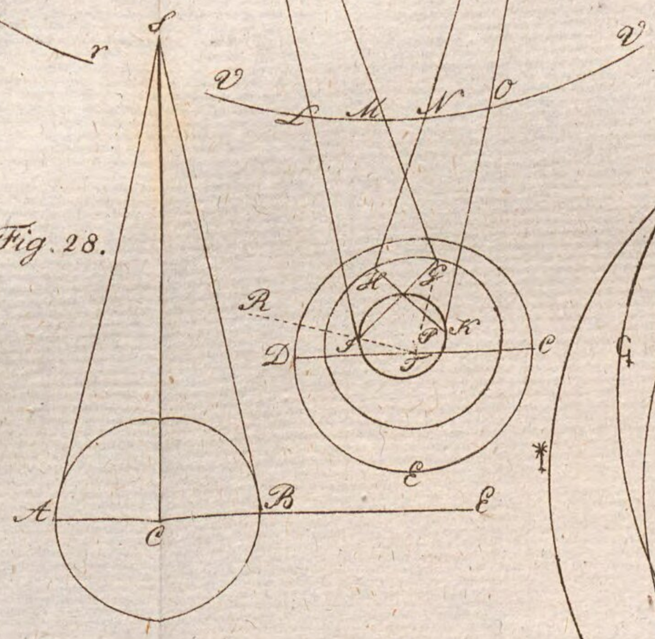
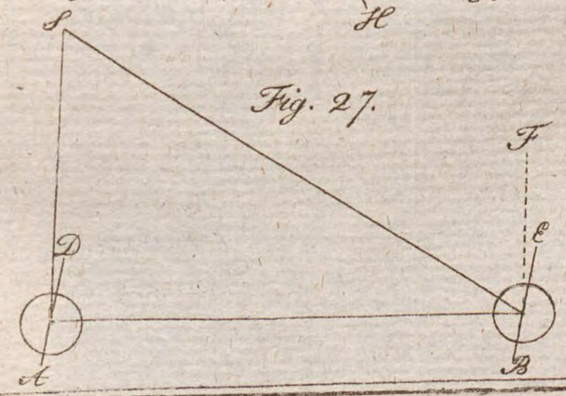


Fig. 27.



Neue astronomische

Versinnlichungswerkzeuge

und deren vielseitiger Gebrauch,

für Lehrer und Freunde der astronomischen Wissenschaften

beschrieben

von

Gottlob Leberecht Schulze.

Ein nöthiger Anhang zu desselben Verfassers „Lehrbuch der Astronomie für Schulen und zum Selbstunterricht ꝛc.“

Mit zwey Kupfertafeln.

Leipzig und Sorau 1823

bey Friedrich Fleischer.

Vorbericht.

Man hört von vielen Freunden und Lehrern der Astronomie und der mathematischen Geographie Klage führen, daß es ihnen schwer, ja unmöglich fällt, von den eigenthümlichen Bewegungen der Erde, des Mondes, der Planeten ꝛc., und von den macherley wichtigen Erscheinungen, die davon abhängen, sich richtige und deutliche Vorstellungen zu machen, oder ihren Schülern und Zöglingen dazu zu verhelfen. Diese Klage ist keinesweges befremdend, da die, zum Theil sehr verwickelten und zusammengesetzten, Ursachen jener Erscheinungen dem leiblichen Auge so verborgen sind, daß sie Jahrtausende hindurch selbst von den scharfsinnigsten Beobachtern nicht entdeckt werden konnten. Man hat zwar in unsern Tagen einen schätzbaren Vorrath populärer astron. Schriften mit trefflichen Kupfern und Zeichnungen; aber der Umstand, daß diese letztern in einer Ebene (auf dem flachen Papiere) dem Auge vorliegen, bringt es mit sich, daß nur Wenige den in schräg durcheinander gelegten Bahnen vor sich gehenden Lauf der Weltkörper, den Parallelismus ihrer ebenfalls schräg gestellten Rotationsaxen ꝛc. ꝛc., und die hierdurch bewirkten himmlischen Ereignisse sich daraus hinlänglich zu erklären im Stande sind. Es muß daher jenen Verehrern der Sternkunde, so wie vielen Schul- und Privatlehrern, gebildeten Aeltern ꝛc. sehr erwünscht seyn, wenn sich sachkundige Männer finden, welche die himmlischen

Bewegungen durch möglichst treue Modelle oder durch zweckmäßig eingerichtete Maschinen darzustellen und der Beschauung näher zu bringen suchen, so daß sie den Betrachtenden dadurch in den Stand setzen, in kurzer Zeit die wahre Beschaffenheit jener Bewegungen nebst ihren Wirkungen zu erkennen, und mit freudigem Erstaunen die bewundernswürdige Einrichtung des Sonnensystems (durch hinzukommende weitere Belehrungen oder durch fortgesetztes Selbststudium des Weltsystems überhaupt) zu durchschauen. Zu den hier gemeinten Versinnlichungswerkzeugen gehören vorzüglich: das Tellurium (von tellus, die Erde) und das Planetarium (von planeta, der Wandelstern). Mit dem Tellurium ist allemal das Lunarium (von luna, der Mond) verbunden; auch kann, um es noch vollständiger zu machen, eine Vorrichtung zur Darstellung der Rotation der Sonne, der Bewegung ihrer Flecken ꝛc., oder ein Solarium (von sol, die Sonne) hinzugefügt werden, wie dieß von mir wirklich, und, so viel ich weiß, zuerst geschehen ist (s. unten §. 45. ff.)

Es giebt Tellurien und Planetarien, die durch Räderwerke in Bewegung gesetzt werden. Allein dergleichen Maschinen stehen nicht nur in einem für unbemittelte Liebhaber, Aeltern, Lehrer ꝛc. und die meisten Schulanstalten zu hohen Preise; sondern sie leisten auch in manchem Betracht weniger als diejenigen, an denen man alles mit der Hand, nach Maßgabe verschiedener auf Scheiben angebrachter Zeichnungen und Eintheilungen und der über denselben beweglichen Zeiger, augenblicklich hier- oder dorthin, vor- oder rückwärts ꝛc., so wie es der Zweck der jedesmaligen Demonstration mit sich bringt, stellen kann. Veranschaulichungswerkzeuge dieser Art sind, ihrer wesentlichen Einrichtung nach, in der zweyten Auflage meiner Schrift: „Lehrbuch der Astronomie für Schulen und zum Selbstun-

terricht für gebildete Naturfreunde. Mit 4 Kupft. Leipzig u. Sorau 1821. bey Friedr. Fleischer" beschrieben, zum Theil aber auch nur angedeutet. Die hierdurch veranlaßten Nachfragen und die Unmöglichkeit, auf jede derselben ausführlich zu antworten, haben mich bewogen, Tellurien und Planetarien geradezu unter meiner eigenen Aufsicht durch geschickte Hände verfertigen zu lassen, und dazu gegenwärtige Beschreibung u. Gebrauchsanleitung *), als einen, die Sache weiter ausführenden, Anhang zu dem genannten Werke, auszuarbeiten. Es können demnach von Lehrern und Freunden der Astronomie durch die Friedrich Fleischersche Buchhandlung in Leipzig (etwaige Anfragen ꝛc. an mich selbst bitte ich nach Polenz bey Grimma durch die Post zu befördern) bestellt werden:

1) ein Tellurium ohne Solarium, für 9 Thlr.;

2) ein Tellurium mit Solarium und einigen andern nützlichen Zusätzen, für 12 Thlr.;

3) ein Planetarium für 18 Thlr.;

4) dasselbe, mit versilbertem Horizont- und Saturnusringe und vielen andern Verzierungen, für 24 Thlr.;

5) dasselbe, noch eleganter (von Ebenholz, Elfenbein und durchaus vergoldetem Messingwerk), für 36 Thlr.

Auch die drey erst genannten Maschinen empfehlen sich durch saubere und dauerhafte Arbeit. Die Zahlung wird in Sächs. Gelde oder dessen Werthe bey der Bestellung erbeten. Die Gebrauchsanleitung (nämlich die gegenwärtige Schrift) wird gratis beygelegt, aber die Emballage ist für Nr. 1. bis 3. mit $\frac{1}{3}$ Thlr., für Nr. 4 und 5 mit $\frac{1}{2}$ Thlr. zu vergüten. Die Versendung ge-

*) Sie wird deswegen besonders verkauft und durch den Buchhandel verbreitet, damit Liebhaber der Astronomie ꝛc. daraus ersehen mögen, ob sie Ursache haben, sich in den Besitz des einen oder des andern der obigen Werkzeuge zu setzen.

geschieht vier, spätestens sechs Wochen nach Eingang der Bestellung von Leipzig oder Grimma aus, und zwar, wenn nicht eine besondere Gelegenheit dazu ausdrücklich angewiesen wird, oder diese an den genannten Orten sich nicht findet, durch die Post.

Von der Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit der Maschinen haben Männer von Fach bereits öffentlich Zeugniß abgelegt. Viele Vorrichtungen an denselben (sie sind die Frucht mehrjähriger Versuche), z. B. die schöne Beleuchtung durch die Glaskugel, die eingetheilten Reifen und Kugeln, das Solarium, die Veranschaulichung der rückgängigen Bewegung der Erdaxe und der Mondknoten, der Perioden der Sonnen- und Mondfinsternisse, der Durchgänge der untern Planeten, der Phänomene des Saturnusringes ꝛc., dürften, so einfach sie sind, selbst manchem Kenner Vergnügen machen. Doch bitte ich, folgende Bemerkung nicht zu übersehen. Das Tellurium dient zum Modell aller Planeten- und das Lunarium zu dem aller Trabantenbewegungen. Daher habe ich mich bemühet, beyden Werkzeugen die Vollkommenheit zu geben, die sich mit möglichster Einfachheit und Wohlfeilheit nur immer vereinigen läßt; daher ist aber auch an dem Planetarium weggeblieben, was durch jene Hülfsmittel ergänzt, oder durch mündlichen und schriftlichen Unterricht, durch Figuren und Zeichnungen mit leichter Mühe erlernt werden kann. Wer z. B. von der Neigung der Mond- oder der Merkurs- und Venusbahn gegen die Erdbahn, von der Conjunction und Opposition, dem Vor- und Rückwärtsgehn des Mars, von den geocentrischen Bewegungen und den Verfinsterungen der Jupitersmonde ꝛc. durch das Tellurium und Planetarium eine anschauliche Vorstellung erlangt hat, wird sich dieselbe auch von der Neigung der übrigen Planeten- und Trabantenbahnen, von den Bewegungen und Stellungen jedes andern obern Planeten, von den Erschei-

nungen der dem Saturnus und Uranus beygegebenen Monde ꝛc. zu machen im Stande seyn. Vieles andere, als: die elliptische Gestalt und die größere oder geringere Excentricität der Bahnen, die wahren Verhältnisse der mittlern Entfernungen, den Ort der Perihelien und der Knoten, die geocentrischen u. heliocentrischen Stellungen der Planeten für einen bestimmten Zeitpunkt u. s. w., kann man ohne dieß aus Kupferstichen und Zeichnungen des Sonnensystems, wie man sie unter andern in Bode's Anleitung zur Kenntniß des gest. H. und auf den kürzlich von Lohrmann herausgegebenen 3 großen Kupfertafeln (des Planetensystem der Sonne ꝛc., nebst 6 Bogen Text, Leipzig b. Hartknoch 1822.; 3 Thlr.) findet, weit leichter, sicherer und gründlicher ersehen. Für die langgestreckten Bahnen der Kometen lassen sich begreiflicher Weise gar keine Vorrichtungen an den Planetarien anbringen; allenfalls kann man die verschiedenen, großentheils überaus beträchtlichen Neigungen derselben gegen die Ekliptik durch den Merkurs- oder Venusring (§. 57.) einigermaßen versinnlichen. Ueberhaupt sollte man nicht Ansprüche an astron. Versinnlichungswerkzeuge machen, durch die man der Würde der Wissenschaft zu nahe tritt. Denn alles durch dieselben darstellen wollen, was zu einer umfassenden Kenntniß des Sonnensystems gehört, hieße die Geisteskraft, die sich eben am herrlichsten in der Erforschung der himmlischen Bewegungen und der bewundernswürdigen Einrichtung des Weltgebäudes zeigt, niederdrücken und die Astronomie zu einem bloßen Spielwerk für die Sinne machen. Ohne eigenes Nachdenken, ohne Anstrengung des Verstandes darf Niemand hoffen, in dieser erhabenen Wissenschaft es weit zu bringen.

Endlich bemerke ich noch, daß ich bey der nun folgenden, möglichst gedrängten, Beschreibung der in der angehängten Kupfertafel nur nach einfachen Umrissen dargestellten Theile des Telluriums und Planetariums, ihrer

Zusammensetzung und ihres Gebrauchs nichts Wesentliches übersehen zu haben glaube; der denkende Besitzer wird indeß die mit den Maschinen vorzunehmenden Operationen nach und nach selbst zu vervielfältigen wissen. Die Theorie muß hierbey der Praxis die Hand bieten. Daher habe ich bey den einzelnen Lehren und Wahrheiten, zu deren Veranschaulichung Anleitung gegeben wird, hier und da auf die §§. meines oben genannten Lehrbuchs d. A., wo sich eine gründlichere und ausführlichere Erklärung derselben findet, mit der Abkürzung „A. LB.“, hingewiesen. Jedoch ist dieses Werk für diejenigen entbehrlich, die mit den darzustellenden Lehren ꝛc. bereits hinlänglich bekannt sind; welches ohne Zweifel bey den allermeisten Lehrern, die sich meiner Versinnlichungsmittel beym Unterricht bedienen wollen, der Fall seyn wird.

Polenz bei Grimma im Königreiche Sachsen, den 16. April 1823.

Der Verfasser.

Erster Abschnitt.

Das einfachere Tellurium (ohne Solarium), §. 1 bis 44.

I. Vorrichtungen für die Bewegung der Erde und der davon abhängenden Erscheinungen *), §. 1 bis 20.

A. Beschreibung derselben, §. 1 bis 8.

§. 1.

Der wichtigste Theil des ganzen Werkzeuges ist das leuchterförmige Gestelle oberhalb A B in Fig. 1. Taf. I., welches, so wie die unmittelbar damit zusammenhängenden übrigen Theile, aus dauerhaftem, gut lakirten Holze zierlich verfertigt ist.

§. 2.

Die Basis A B hat unten, wo sie auf dem Tische oder einer andern horizontalen Fläche aufgestellt wird, rund herum eine Vertiefung, die mit Bley ausgegossen werden muß, damit die ganze Maschine die gehörige Festigkeit bekomme.

*) Es werden jedesmal nur diejenigen Theile der Maschine zusammengesetzt, die gerade für den gegenwärtigen Zweck nothwendig sind. So bleibt z. B., so lange bloß von der Bewegung der Erde die Rede ist, alles, was zum Mondlaufe gehört, gänzlich weg.

§. 3.

Die Säule C wird in die Mitte des obersten Rundtheils von A B senkrecht eingeschraubt, nachdem man den Holzring D *) um die Schraube gelegt hat. Dieser Ring läßt sich, wenn auch die Säule ganz fest aufgeschraubt ist, mit dem daran befindlichen Zeiger z ohne merkliche Reibung umdrehen. Er ist, dem Zeiger z gegenüber, durch einen gebogenen starken Messingdrath E mit dem horizontalen Arme F F bey a (sowohl hier als bey D kann der Drath ein- und ausgewunden werden) so verbunden, daß er mit dem Arme zugleich umgedrehet wird.

§. 4.

Ueber dem breitern Theile G des Armes F F wird die durch einen vorstoßenden Rand ihn fest haltende kürzere Säule H in die untere Säule C, und in jene der becherartig gestaltete und ausgehöhlte Aufsatz L eingeschraubt. In diese Höhlung wird eine mit reinem, hellen Wasser (noch besser mit Spiritus) vorsichtig anzufüllende und gut zu verschließende Glaskugel S **) mit ihrem Zapfen, den man des festern Anschließens wegen nöthigenfalls noch mit Papier, Leinwand ꝛc. umwickeln kann, behutsam eingedrehet. ***)

§. 5.

Auf dem hinterhalb G verlängerten Theile M N des Armes F F sitzt ein schwaches Säulchen O senkrecht auf, das sich in einem durchbrochenen Raume zwischen M und N horizontal hin- und herverschieben und durch die unten in b angebrachte Schraube feststellen läßt. c ist eine messingene Zwinge mit dem Schräubchen d, durch deren Oeffnung

*) Die einzelnen Theile der Maschine, die auseinander genommen werden können oder für sich bestehen, sollen bey der Versendung da, wo eine Verwechselung möglich seyn könnte, an der untersten Fläche mit den Buchstaben oder den Nummern der Figuren bezeichnet werden, die auf Taf. I. vorkommen.

**) Auch diese wird jeder Maschine beygegeben.

***) S. eine Anm. zu §. 9.

ein starker Drath P, den man erhöhen oder vertiefen kann, in das Säulchen O eingelassen und angeschraubt wird. An das obere Ende des Drathes P ist eine mit drey Dillen und einem Schirme versehene, nach Fig. 2. geformte, Lampe angelöthet, die mit ihrer concaven Seite a b nach der Glaskugel hingerichtet wird.

§. 6.

Das rechte Ende des Armes F F trägt eine senkrechte Säule P, etwas schwächer, aber eben so hoch wie H. Sie läßt sich ebenfalls in einem durchbrochenen Raume Q R horizontal verschieben und durch die Schraube e feststellen. Der obere Theil V dieser Säule ist um einen innerhalb angebrachten Zapfen leicht beweglich, *) läßt sich aber nicht abnehmen. Sowohl um K als um V laufen drey nicht sehr tiefe Riefen (sie sind in der Figur durch 3 punktirte Horizontalstriche angedeutet und mit 1, 2, 3 bezeichnet), um welche bey verschiedenen Demonstrationen (bald in den untersten, bald in den mittlern ꝛc. Riefen) eine Seidenschnur X gelegt wird, die man durch das Verschieben der Säule P mehr oder weniger straff anspannen kann. Die Schnur läuft immer mit dem Arme F F parallel und macht, so wie dieser, mit den Säulen C, H und P rechte Winkel.

§. 7.

Ueber V wird der kleine Holzaufsatz W und in diesen die zum Tragen der Erdkugel T bestimmte messingene Vorrichtung f g h m eingeschraubt, die in Fig. 3. besonders abgebildet ist. Auf dem senkrechten Theile f sitzt der durchbrochene horizontale Theil g h, der sich also hin- und herverschieben läßt, auf und wird durch die Schraube i fest-

*) Es kommt viel darauf an, daß diese Umdrehungsbewegung leicht und ohne alle Reibung von Statten gehe. Sollte dieß einmal nicht geschehen, so ist wahrscheinlich eingedrungene Feuchtigkeit daran Schuld, die man dann durch allmälige Erwärmung behutsam entfernen muß. Wahrscheinlich wird bey mehrern Maschinen jener leicht zu hebende Uebelstand während des Transports erzeugt werden.

gemacht. (Doch ist bey manchen Maschinen der Theil f g h aus dem Ganzen gearbeitet). Der schwächere, unter einem Winkel von $66\frac{1}{2}$ Grad gegen g h geneigte Stift h m stellt die Erdaxe vor, auf welche die Erdkugel T (Fig. 1.) aufgesteckt wird. Zu deren Unterlage dient das obere Rändchen des verschiebbaren Röhrchens oder der Hülse k (Fig. 3.), welche man durch das Schräubchen l an die Axe anschraubt. — Statt der ganzen Vorrichtung Fig. 3. (wir wollen sie kurz „die schräge Erdaxe“ nennen) kann auch die aus einem Stücke bestehende senkrechte Axe Fig. 4. aufgeschraubt werden, zu welcher man aber die Hülse k (Fig. 3.), und so umgekehrt, herübernehmen muß.

§. 8.

Noch ist eine dreyfache Vorrichtung zu erwähnen, die sich an allen Maschinen auf gleiche Weise befindet. Es ist nämlich sowohl auf der obern Fläche v w der Basis A B (Fig. 1.) in einer kleinen Entfernung von dem Holzringe D und concentrisch mit demselben, als auf den am obern Theile von K und V hervorragenden Scheiben x y und x′ y′, ebenfalls concentrisch mit dem untern Theile der Aufsätze L und W (oder vielmehr mit deren Zapfen v′ w′ und v″ w″, welche auf K und V fest aufgeschraubt sind), eine kreisförmige Erhöhung b′ und b″ angebracht, um welche folgende zwey, aus dünner Pappe geschnittene oder aus lakirtem Bleche bestehende, und mit in Kupfer gestochenen Zeichnungen überzogene, Reifen gelegt werden:

1) Der auf der Rückseite mit No. 1. bezeichnete Reifen *) (Taf. II. No. 1.), welcher um v w des Fußgestelles

*) Der Raum- und Kostenersparniß wegen sind in den innern Raum der zwey größten Kreisfiguren auf Taf. II. zwey kleinere Figuren gezeichnet worden, welche, besonders ausgeschnitten und auf Pappe gezogen, nebst jenen den Maschinen beygegeben werden. Sie haben daher in ihrem innersten leeren Kreisraume zwey Nummern (1 und 2, 3 und 7), davon die kleinere sich allemal auf die äußere Figur bezieht. Eben diese Nummern sind denn auch auf die Rückseite der

A B gelegt wird. Die darauf befindliche Zeichnung stellt auf zwey durch eine starke Kreislinie von einander getrennten concentrischen Ringen die 12 Zeichen des Thierkreises nebst den 12 Monaten des Jahres dar.

a) Der äußere, breitere, Ring enthält wieder vier besondere Streifen. Der innerste und breiteste führt die Namen und Zeichen des Thierkreises: Widder ♈, Stier ♉ u. s. w. Der nächstfolgende zweyte giebt die Grade eines jeden Zeichens von 10 zu 10, der dritte von 5 zu 5 an; der alleräußerste enthält die einzelnen Grade selbst und ist folglich in 360 gleiche Theile getheilt.

b) Der innere, schmalere, Ring besteht aus drey einzelnen Streifen, von denen der unterste und breiteste die Monatsnamen nennt. Der mittlere giebt die Zahl der Tage jedes einzelnen Monats von 5 zu 5 (die Ziffern sind jedoch nur von 10 zu 10 gesetzt), der äußere von $2\frac{1}{2}$ zu $2\frac{1}{2}$ Tagen an. Durch einige Uebung (welche auch bey andern Figuren den Gebrauch erleichtert), wird man die dazwischen liegenden Tage, deren wirkliche Abtheilung die Figur zu sehr überladen haben würde, schnell und mit einer für den jedesmaligen Zweck hinlänglichen Genauigkeit treffen lernen.

Jedem Tage auf diesem Ringe entspricht, wenn man den Strich, der ihm zukommt, nach außen zu verlängert, ein gewisser Grad des vorigen Ringes, in welchem sich die Sonne an demselben Tage befindet, wie z. B. dem 21sten März der erste Grad des Widders (oder 0° ♈) u. s. w.

2) Der Reifen No. 2., welcher die innere Zeichnung von No. 1 und 2. Taf. II. enthält und über K und V gelegt wird. Diese Zeichnung stimmt mit der eben beschriebenen größern in der Hauptsache genau überein; nur sind, der Kleinheit der Figur wegen, die Zeichen des Thierkreises

Pappenringe gesetzt worden, um deren Gebrauch, durch Vergleichung mit der Beschreibung, zu erleichtern. — Nur No. 3 und 7 bleiben bey den Planetarien zusammen; zu den Tellurien aber kommt bloß No. 3, also der äußere, zum Mondlaufe gehörige, Theil der Figur.

bloß auf 2 Streifen, auf dem innern von 10 zu 10, auf dem äußern von 2 zu 2 Grad abgetheilt.

B. Gebrauch der eben beschriebenen Vorrichtungen, §. 9 bis 20.

1) Axendrehung der Erde und was davon abhängt. (A. LB. §. 143 ff.)

§. 9.

Man schraube die senkrechte Axe (§. 7.) auf W (Fig. 1.) und stecke auf dieselbe eine von den zur Maschine gehörigen Kugeln, als Erdkugel, vor der Hand Nr. 3. *) so hoch auf, daß der Mittelpunkt derselben in einer geraden Linie mit dem Mittelpunkte der in L eingelassenen Glas- oder Sonnenkugel (§. 4.) und der Flamme der hinter derselben aufgesteckten und gehörig gerichteten Lampe **) (§. 5.) liegt, daß also die Mittelpunkte der Erde und der Sonne (was auch bey jeder andern Operation nöthig ist) in gleicher Höhe über G und Q R und in einer mit dem Arme F F parallelen Linie sich befinden. Durch einen von Holz (z. B. einem schwachen, geraden Haselstöckchen) verfertigten kleinen Maaßstab kann man diese Höhe, indem man das untere Ende des Stäbchens bey G und Q auf dem Arme F F aufsetzt und den gehörigen Gradtheil der obern Hälfte an die Mitte der Erd- und Sonnenkugel bringt, richtig abmessen. Der Aufsatz L kann, wenn es nöthig ist, nebst der Glaskugel ein wenig höher geschraubt werden. Da sich nun

*) Jeder Kugel ist am Südpole eine kleine Zahl beygeschrieben, welche sich auf die in der Anleitung jedesmal gemeinte Kugel bezieht.

**) Es wird zwar bey allen Operationen, deren Beschreibung nun folgt, angenommen, daß sie bey Lichte geschehen; jedoch wird man selbst finden, daß viele, ja die meisten derselben sich auch ohne Beleuchtung, also bey Tage vornehmen lassen, welches letztere bisweilen sogar vorzuziehen oder als nützliche Vorbereitung zu nächtlichen Demonstrationen anzuwenden ist.

auch jede Kugel auf der Erdaxe vermittelst der Stellschraube, und die Lampe durch die oben beschriebene Vorrichtung erhöhen oder vertiefen läßt; so kann die verlangte Genauigkeit in der Stellung der Erde, der Sonne und der Lichtflamme keinen Schwierigkeiten unterworfen seyn. — Der Lampenträger O wird so weit von N nach M hingeschoben, daß zwischen dem brennenden Dochte, welcher für jetzt der mittlere ist, und der Glaskugel ein kleiner Zwischenraum bleibt *). Im Nothfalle kann man auch die Dille ein wenig zurückbeugen. — Der, durch den Schirm der Lampe noch verstärkte, Glanz der Glaskugel, welche auf diese Art ein natürliches Bild der wirklichen Sonne wird, fällt nach der Erde hin, deren trefflich erleuchtete Tagseite man von der Nachtseite deutlich geschieden sehen wird **).

§. 10.

Die Erde rotirt oder drehet sich um ihre Axe von Abend nach Morgen (A. LB. §. 144.), d. h., wenn man von der Mitte der Tagseite der Erde aus nach der Sonne, also nach Süden hinsieht, oder in Gedanken sich als hier stehend vorstellt, von der Rechten nach der Linken. Indem man nun diese Drehung in derselben Richtung vermittelst des Fingers oder eines zugespitzten

*) Das Zerspringen der Glaskugel durch die Erwärmung des Lampenlichts ist bey dieser Vorsicht nicht zu fürchten; desto behutsamer muß man bey der Füllung und dem Verschließen der Kugel zu Werke gehen, und lieber etwas an der vollen Ladung fehlen lassen, als durch Ueberfüllung und durch gewaltsames Hineinpressen des Pfropfes in den vollen Zapfen das Glas der Gefahr des Zerplatzens aussetzen. Auch beym Einsetzen und Abnehmen, beym Forttragen der Maschine ꝛc. ist Vorsicht zu empfehlen.

**) An allen bisher gebräuchlichen Tellurien wird das Sonnenlicht durch eine brennende Lampe oder aufgesteckte Kerze vorgestellt. Wie kläglich diese Erleuchtung sey und wie sehr sie gegen die von mir erfundene absteche, kann man sogleich sehen, wenn man die Glaskugel, während die Lampe brennt, abnimmt, und nur den Schein dieser letztern auf die Erde fallen läßt.

Drathstäbchens bewirkt, werden folgende Erscheinungen versinnlicht: a) Der beständige Wechsel von Tag und Nacht auf allen Theilen der Erdoberfläche. — b) Der Lauf der Sonne vom Auf- bis zum Untergange nach der der Axendrehung entgegengesetzten Richtung, nämlich von Morgen nach Abend. — Man schlage ein Stiftchen (oder eine starke Nadel) in der Gegend der nördlichen Halbkugel, wo man ungefähr wohnt, auf dem gezeichneten Meridiane senkrecht ein. Dieser Stift stelle einen Beobachter an demselben Orte vor, oder man denke sich selbst als solchen. Man bringe ihn, die Kugel nach der angegebenen Richtung drehend, auf die Grenze der Tag- und Nachtseite. Bey fernerm langsamen Drehen wird man sehen, wie die zur linken Hand, oder im Morgen aufgegangene Sonne, dem Zenithe (dem Punkte am Himmel, den das in Gedanken aufwärts verlängerte Stiftchen trifft; A. LB. §. 7.) sich nähernd, immer höher heraufkommt und der nach der Rechten hin fallende Schatten von Westen immer näher nach Norden hinrückt; wie, wenn der Stift in die Mitte des Kreisbogens kommt, den er in der Tagseite beschreibt, die Sonne nach Süden zu, also mitten am Himmel und dem Zenithe am nächsten steht (den Meridian erreicht hat, oder culminirt; obere Culmination, A. LB. S. 15.), der Schatten aber genau nach Norden (längst des Meridians nach dem Nordpole) zu fällt; wie hierauf die Sonne sich vom Zenithe nach Westen oder nach der Rechten hin entfernt und der Schatten sich von Nord nach Osten, oder nach der Linken hin wendet ꝛc., bis sie in Westen verschwindet, dann zur Mitternacht am tiefsten unter dem Horizonte und in der entgegengesetzten Hälfte des Meridians (untere Culmination) steht u. s. w. Man kann diese Versuche vervielfältigen, wenn man den Stift nach und nach unter verschiedenen geographischen Breiten, auch unter dem Aequator, oder wenn man mehrere Stifte zugleich auf dem Meridian in verschiedenen Entfernungen von einander einschlägt. Nimmt man die größere Erdkugel (Nr. 1.) und nur einen

kurzen Stift, so wird man, auch wenn man ihn in die nördliche Halbkugel setzt, zugleich sehen, wie der Schatten früh und Abends am längsten und zu Mittage am kürzesten ist; wie er Vormittags ab- und Nachmittags wieder zunimmt u. s. w. — c) Das Auf- und Untergehen aller übrigen Gestirne (die man sich von der Erdkugel aus nach allen Seiten des Zimmers hin vertheilt vorstellen kann), überhaupt der tägliche Umschwung der scheinbaren Himmelskugel (A. LB. S. 226). — d) Die vorzüglichsten, auf der Erdkugel angenommenen, und von dieser auf den Himmel übergetragenen Linien, Punkte und Kreise, als: aa) die Erd- und Himmelsaxe und deren Endpunkte, die Pole (A. LB. §. 4 f. und 19.); bb) der Aequator und dessen Parallelen (ebendas.; vergl. §. 6. 7 u. 152); cc) der Meridian oder der Mittagskreis (§. 7.) und dd) der Horizont (ebenf. §. 7.) Dieser letztere wird durch einen lakirten Blechreifen, auf welchem die 4 Hauptpunkte, Ost, West ꝛc. durch O, W ꝛc. bemerkt sind, vorgestellt. *). Man sucht zuerst auf der Kugel Nr. 1. (denn zu dieser paßt der Reifen) die geographische Breite des Beobachtungsortes, z. B. für Leipzig den 51sten Grad zwischen dem Aequator und dem Nordpole, wozu man den auf Pappe oder Blech gezogenen Quadranten oder Viertelskreis A B C D (No. 4. Taf. II.), der auf dem innersten Streifen D E von 2 zu 2, auf dem mittlern von 5 zu 5, auf dem äußersten A B von 10 zu 10 Grad eingetheilt ist, gebraucht. Man setzt nämlich den Quadranten mit dem innern Rande D C auf einen der um die Kugel gezogenen Meridiane (den man hier als den Meridian des Orts betrachten kann), so daß der Nullpunkt C an den Aequator und der 90° davon liegende Punkt D an den Nordpol der Kugel anschließt (dieß wird ziemlich genau treffen, da der Halbmesser der Holzkugel dem des innern Randes des Quadranten

*) Beym vollständigern Tellurium und bey dem Planetarium ist diese Vorrichtung vollkommener; m. s. unten §. 49.

gleich ist); dann macht man da, wo der 51ste Grad des Quadranten die Kugel trifft, auf dieser einen Punkt, welcher das Zenith des Orts bezeichnet. Da der Horizont überall 90° vom Zenithe absteht; so findet man diesen leicht auf der Kugel vermittelst des Quadranten. Man braucht jedoch mit letzterm nur 3 in den Horizont fallende Punkte vom Zenithe aus abzumessen und etwa mit Bleystift zu bezeichnen. Um diese legt man den Blechreifen, der, um fester aufzuliegen, mit einem aus schwachem Drathe bestehenden, von S nach N gehenden Drathe (er kann den Meridian vorstellen) versehen ist. Der Punkt S muß dieß- und N jenseits des Nordpols mit dem Meridian des Orts zusammenfallen; auf diese Weise fallen O und W in den Aequator, welcher, so wie der Meridian selbst, von dem Horizont halbirt wird (obere und untere, oder sichtbare und unsichtbare Halbkugel). Die übrigen Parallelen werden in ungleiche Hälften von dem Horizonte zerschnitten (größere oder kleinere Tag- und Nachtbogen der Gestirne; A. LB. §. 12.). Setzt man nun beym Zenithpunkte und beym Nordpole einen Stift ein, so sieht man, wie hoch der Nordpol (der Südpol liegt unter dem H., ist also für uns unsichtbar) über dem Horizonte steht (Polhöhe; A. LB. §. 15 f.) und wie weit er vom Zenith entfernt ist; daß die Polhöhe der geogr. Breite (ebend. §. 20.) und die Aequatorhöhe dem Abstand des Zeniths vom Pole (§. 15.) gleich ist u. s. w. — Dreht man die Kugel, so sieht man, wie sich auch die Horizontalfläche des angenommenen Standorts mit umdreht, wie sie nach und nach (man muß sie nämlich nach allen Seiten hinaus in Gedanken bis an das Firmament erweitern) andere Theile des Himmels abschneidet; wie auf der einen Seite Gestirne über den H. herauf-, auf der andern unter ihn hinabsteigen, alle aber in Kreisen sich bewegen, die gegen unsere Horizontalfläche schräg liegen; wie einige Sterne für uns gar nicht auf-, andere nicht untergehen (A. LB. §. 3.); wie die Sonne und andere Himmelskörper von Osten her sich dem Zenithe nähern,

dann culminiren, dann sich von demselben nach Westen hin entfernen u. s. w.

2) Lauf der Erde um die Sonne und was davon abhängt. (A. LB. §. 147 ff.)

§. 11.

Nöthige Vorkehrungen.

Bey allen fernern Operationen ist Folgendes zu beobachten: 1) es wird der Reifen No. 1. (nach §. 8. 1.) auf das Fußgestelle gebracht; — 2) man setzt die Basis A B über einen auf Papier gezeichneten Horizontalkreis, dessen äußerer, mit den 4 Hauptpunkten O, W, S, N (Ost, West ꝛc.) bezeichneter Rand nur wenig über dieselbe hervorgeht; — 3) die genannten Punkte müssen nach den wirklichen, dadurch bezeichneten, Weltgegenden (die man vermittelst des Kompasses, oder auch nur durch Schätzung bestimmt) hingerichtet seyn, so daß die Linie von S nach N (Süd nach Nord) in die Mittagslinie des Orts (A. LB. S. 15 und 24) fällt; — 4) der Pappenreifen wird so gelegt, daß der erste Grad des Zeichens des Widders über dem Ost- und der erste der Wage über dem Westpunkte des Horizonts zu liegen kommt; der 1. Grad des Krebses und des Steinbocks fällt dann mit dem Nord- und Südpunkte zusammen; — 5) der Zeiger z (Fig. 1.) muß mit dem Drathe E (der sich, so wie der Zeiger, leicht biegen ꝛc. läßt), und dem Arme F F und dessen Verlängerung M N in einer und derselben senkrechten (vertikalen) Ebene liegen; — 6) der Arm F F muß mit der Oberfläche des Tisches, auf dem die Maschine steht (jene Fläche stellt die Horizontal-Ebene des Ortes vor) parallel laufen, also bey G so hoch über derselben stehen, wie bey R; — 7) die Säule P muß so genau senkrecht auf F R (unter einem rechten Winkel) wie die Säule H auf G M stehen; beyde also (so wie die Scheiben x y und x′ y′) müssen, wenn man

von der einen nach der andern hin visirt, einander decken *); — 8) man stellt sich in der Regel an die Südseite der Maschine und kehrt (wie beym Gebrauche der Landcharten) den Rükken nach Mittag, das Gesicht aber nach Mitternacht.

§. 12.

Die Erde läuft nach derselben Richtung, in welcher sie sich um ihre Axe dreht, nämlich von Abend nach Morgen, um die Sonne. Man bringe die Erdkugel Nr. 1. auf die senkrechte Axe; alles übrige sey eben so wie in §. 9. Der Arm F F werde nach Westen hingerichtet, so daß der Zeiger z über o ° V stehe. Schiebt man jenen mit der Hand langsam fort, so durchläuft dieser den eingetheilten Pappenkreis. Eben dieser Bewegung folgt das über dem Zeiger stehende Säulchen O mit der Lampe, wodurch bewirkt wird, daß der Schein der Glas- oder Sonnenkugel, wo man auch den Arm F F hinwenden möge, allemal nach der Erdkugel hin fällt. — Läßt man nun die Erdkugel nach der angegebenen Richtung, d. h., wenn man von ihr aus nach der Sonnenkugel hin sieht, von der Linken zur Rechten, durch Fortbewegung des Armes F F, um die Sonne gehen, so wird Folgendes veranschaulicht:

a) Das Fortrücken der Erde in einer in sich selbst zurückkehrenden Bahn, in deren Mittelpunkte sich die Sonne befindet (Erdbahn; Ebene derselben, welche an der Maschine der Fläche des Tisches parallel ist). — Die Erdbahn ist zwar nicht kreisrund, wie sie hier erscheint, sondern elliptisch, und die Sonne steht nicht in deren Mittelpunkte, sondern etwas außerhalb desselben (A. LB. §. 51. 62 ff. 162.); dieser Umstand hat aber auf die allgemeine

*) Sollte beym Zusammensetzen der Maschinen irgend etwas nicht genau so passen wollen, wie es hier verlangt wird (welches auch mit einigen andern, weiter unten zu beschreibenden Vorrichtungen, in Folge des Transports, des Auspackens ꝛc. der Fall seyn könnte), so wird man sich durch einfache Werkzeuge (z. B. eine Zange) oder auch durch bloßes Drehen, Ziehen ꝛc. mit der Hand leicht zu helfen wissen.

Darstellung der Sache, wie sie hier gegeben werden kann, keinen Einfluß. — b) Die scheinbare Bewegung der Sonne in der Ekliptik (A. LB. §. 42. 147 und 151.) und die Wanderung derselben durch die 12 himmlischen Zeichen oder die Sternbilder des Thierkreises (ebend. §. 50 und 25.) in der Zeit eines Jahres = 365 Tagen ꝛc., nach deren Verlauf die Erde sich wieder auf ihrem erst angenommenen Standpunkte, und der Zeiger z über 0 ° ♈ befindet (s. §. 16. Anm.). Man denke sich eine gerade Linie durch die Mittelpunkte der Erde und der Sonne und verlängere sie hinterhalb der Sonne bis an den Fixsternhimmel (den man sich rundherum um die Maschine im Zimmer vorstellen muß). Indem nun die Erde von der Linken zur Rechten fortrückt, durchstreift jene Linie in umgekehrter Richtung, nämlich von der Rechten zur Linken, oder von Abend gegen Morgen, alle Wände des Zimmers und die an dieselben in Gedanken gesetzten Sterne; wodurch eben die Ekliptik und der Thierkreis entsteht. Der Zeiger giebt den Ort der Sonne in der Ekliptik für jede Stellung, in die man die Erde bringt, genau an. Umgekehrt kann man den Zeiger (durch Drehen des Armes FF) für jeden Tag in das Zeichen und auf den Grad desselben stellen, in welchem, nach der Angabe astron. Ephemeriden oder Kalender *), die Sonne an demselben Tage wirklich steht, und dadurch den relativen Stand der Erde gegen die Sonne (erstere ist immer um 6 Zeichen oder 180 ° von der letztern entfernt) sich versinnlichen. — c) Die nach und nach sich verändernde nächtliche Ansicht des gestirnten Himmels. Sterne z. B., die, wenn die Sonne in 0 ° ♈ steht, zur Mitternacht nach Süden hin, also mitten am Himmel und die ganze Nacht hindurch gesehen werden, stehen, wenn die Sonne in den entgegengesetzten Punkt ihrer Bahn, also in 0 ° ♎ gekommen

*) Der „Verbesserte Kalender für das Kgr. Sachsen und für andere Länder, nach dem Leipz. Mittagskreise berechnet;“ Leipz. b. Staritz (8 gl.), ist denen, welche Bode's astron. Jahrbuch nicht besitzen, sehr zu empfehlen.

ist, bey Tage mit der Sonne und bey derselben am Himmel, sind also ganz unsichtbar, während des Nachts ganz andere Sterne den südlichen Himmel einnehmen u. s. w.

§. 13.

Bisher ist die Erdaxe als senkrecht auf der Erdbahn stehend angenommen worden. Wäre diese Stellung die wirkliche, so würde, wie man durch die bisher gebrauchten Vorrichtungen (§. 9 ff.) sich leicht überzeugen kann*), der Aequator das ganze Jahr hindurch mit der Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik zusammenfallen; die Sonne würde also beständig im Aequator stehen und die Erleuchtungsgrenze auf der Erde immer durch die Pole gehen; es würde folglich kein Wechsel der Jahreszeiten, keine Verschiedenheit in der Länge der Tage und Nächte, sondern ein beständiges Aequinoctium Statt finden.

§. 14.

Es ist aber die Erdaxe 1) unter dem unveränderlichen Winkel g h m (Fig. 1 und 3.) $= 66\frac{1}{2}°$ gegen die Erdbahn geneigt, und 2) bleibt sie sich das ganze Jahr hindurch selbst parallel (Parallelismus der Erdaxe; A. LB. §. 152.). Man schraube also nach §. 7. die ganze Vorrichtung Fig. 3. (für jetzt ohne die Erdkugel) auf das Aufsätzchen W (Fig. 1.) und richte die Axe h m so, daß der untere Theil h nach Süden, der obere m nach Norden hinweiset. Legt man vorher um x′ y′ den Reifen No. 2. (§. 8. unter 2.) und zwar in derselben Lage wie den größern Reifen No. 1. (nach §. 11.), so daß die verlängerte Linie durch $0° \simeq$ und Υ beyder Reifen, nachdem der Zeiger z auf $0° \Upsilon$ gestellt ist, zusammenfällt; so wird

*) Man lege den Blechreifen (§. 10. d.) um den Aequator der Erdkugel Nr. 1. und betrachte ihn zu gegenwärtigem Zwecke als die erweiterte Ebene des Aequators. Diese wird beständig durch die Sonne gehen ꝛc.

das nördliche Ende m der Axe über o ° ♋, das südliche über o ° ♑ liegen. — Ferner spanne man nach §. 6. die Schnur um den untersten Riefen der Aufsätze K und V, gerade so straff, daß sie den Aufsatz V, beym Herumführen des Armes F F, um den inwendig befindlichen Zapfen (§. 6.) sich zu drehen nöthiget. Hierdurch nun wird bewirkt, daß die Axe der Erdkugel, während man diese um die Sonne gehen läßt, die ihr gegebene Richtung unverändert beybehält, daß also ihr nördliches Ende auf jedem Punkte der Erdbahn nach Norden (in der Stube z. B. nach einem auf der Nordseite befindlichen Fenster) hinweiset; und eben hierin besteht der Parallelismus der schräg gestellten Erdaxe.

§. 15.

Jetzt bringe man die Erdkugel Nr. 1. auf die Axe und stelle sie so, daß ihr Mittelpunkt c (Fig. 5.) gerade über b oder in der Verlängerung von a b liege. — Auf der Kugel sind folgende Kreise gezogen: 1) der Aequator d e; 2) die Wendekreise f g, h i (dieser der W. des Krebses, jener der W. des Steinbocks); 3) die Polarkreise, k l der nördliche, o p der südliche; 4) die Ekliptik h g; 5) 2 Meridiane, deren einer (der Kolur der Nachtgleichen) durch die auf der Kugel selbst mit ♈ und ♎ bezeichneten Aequinoctialpunkte (bey ♈ ist der Frühlings-, bey ♎ der Herbstäquinoctial- oder Nachtgleichepunkt), der andere (der Kolur der Sonnenwenden) durch die ebendaselbst mit ♋ und ♑ bezeichneten Solstitialpunkte geht *). Der

*) Außerdem sind bloß noch zwey punktirte Parallelen unter der nördlichen und südlichen Breite von 51 ° auf der Kugel zu sehen. Auf dem nördlichen liegt Leipzig, auf dem südlichen dessen Antipodenpunkt. Obige Kreislinien sind zur Lösung der Aufgaben, um die es hier zu thun ist, hinlänglich. Die Bezeichnung vieler anderer Parallelen und Meridiane hätte der Deutlichkeit geschadet und die Beachtung der Hauptsache erschwert. Eben deshalb hielt ich es für unzweck-

Nordpol ist auf der Kugel, wie in der Figur, durch n, der Südpol durch s bemerklich gemacht. — Die Sonne werde wieder in den Anfangspunkt des Widders, oder der Zeiger auf ○ ° ♈ gestellt. Man drehe die Erdkugel so, daß der Frühlingspunkt oder der mit ♈ bezeichnete Punkt nach der Sonne hingerichtet ist und die Ekliptik h g (Fig. 5.) mit b m (so auch der Fläche des Tisches) genau parallel liegt. Auf diese Art wird und muß auch die aufwärts verlängerte Linie a b (der Axenträger) den südlichen Polarkreis o p bey o berühren; noch weiter verlängert muß sie, wie oben verlangt wurde, den Mittelpunkt c der Kugel treffen und bey l durch den nördlichen Polarkreis k l gehen. Eine durch die Axe m n und durch die Theile des Trägers m b und b a in Gedanken gelegte Ebene muß, wenn man das Auge hinter und über m stellt, mit der Ebene des Kolurs der Sonnenwenden zusammenfallen und nicht nur senkrecht, sondern auch rechtwinkligt auf dem Arme F F (Fig. 1.), so wie auf der Schnur X stehen.

§. 16.

Fortsetzung von §. 12.

Vermittelst der in §. 14 und 15. beschriebenen Vorrichtungen wird, indem man die Erde vom Frühlingspunkte aus *) um die Sonne führt, anschaulich dargestellt:

mäßig, einen wirklichen kleinen Erdglobus (wie er z. B. bey Schreibers Erben in Leipzig zu finden ist) anzuwenden. — Für eine Polhöhe, die von der Leipziger bedeutend verschieden ist, kann man sich leicht selbst einen Parallelkreis, wenn auch nur mit Bleystift, ziehen.

*) Dieß soll von nun an immer so viel heißen: von dem Punkte ihrer Bahn aus, wo die Sonne im Frühlingsäquinoctialpunkte am Himmel erscheint, der Zeiger z also über ○ ° ♈ steht. Eigentlich steht dann die Erde, von der Sonne aus gesehen, im Herbstäquinoctialpunkte, oder in ○ ° ♎, wie man dem Zeiger gegenüber bey D (Fig. 1.), unter dem Drathe D E, oder an dem Reifen No. 2. hinter y' sehen kann. — Der Eintritt der Sonne in den Frühlingspunkt macht den Anfang des astronomischen Jahres, welches

d) Die Neigung des Erdäquators gegen die Erdbahn (in Fig. 5. = dch = ecg) und, wenn man sich beyder Ebenen bis an die scheinbare Himmelskugel erweitert vorstellt, die Neigung des himmlischen Aequators gegen die Ekliptik = $23\frac{1}{2}°$, als das Complement der Neigung der Erdaxe (§. 14.) zum rechten Winkel. Der um den Aequator der Erdkugel gelegte Reifen (vergl. §. 13. Anm.) versinnlicht dieß noch besser. — e) Die bald nördliche, bald südliche Abweichung der Sonne vom Aequator und der hieraus entstehende Wechsel der Jahreszeiten und der Tag- und Nachtlänge unter verschiedenen geographischen Breiten; so wie f) der Grund der in §. 10. unter d) noch nicht genannten Kreise und Punkte, die man an der Erd- und Himmelskugel annimmt (A. LB. §. 152.)

§. 17.

Entstehung der Jahreszeiten (A. LB. ebend.).

Steht die Sonne aa) im Anfangspunkte des Widders (den 21. März), so geht die erweiterte Fläche des Erdäquators (des um denselben gelegten Reifens) durch die Sonne, welche, wegen der Rotation der Erde, nach und nach über alle Punkte des Erdäquators senkrecht weggeht. Die Erleuchtungsgrenze zieht sich durch die Pole (die Meridiane machen diese Grenze); der Aequator und alle Parallelen liegen halb in der Tag- halb in der Nachtseite; es ist also, da die Erde mit vollkommen gleichförmiger Geschwindigkeit rotirt, auf der ganzen Erde Tag und Nacht ein-

bey dem nächstfolgenden Eintritt beendigt und = 365 T. 5 St. 48′ 48″ ist (A. LB. §. 55.); darum ist dieser Punkt von besonderer Wichtigkeit. Auch zählt man von demselben an nach Osten hin die Zeichen und Grade der Ekliptik, die Grade des Aequators ꝛc., die Länge der Sonne und der Sterne (A. LB. §. 47. 50.), die gerade Aufsteigung der Sterne (ebd. §. 11.) u. s. w. und nennt diese Richtung die wahre oder die rechtläufige (nach der Ordnung der Zeichen zählen ꝛc.).

ander gleich (für die nördliche Halbkugel Frühlings-äquinoctium ꝛc.). Rückt die Sonne ferner durch die Zeichen ♈, ♉, ♊, so steigt sie über den Aequator herauf nach Norden; die Erleuchtungsgrenze geht über den nach der Sonne sich hinkehrenden Nordpol hinaus und zieht sich von dem Südpole, der von der Sonne sich wegwendet, zurück; die größere Hälfte der nördlichen Parallelkreise liegt in der Tag-, die kleinere in der Nachtseite; es nehmen also dort die Tage zu, die Nächte ab; das längere Verweilen der Sonne über dem Horizont und ihre größere Mittagshöhe steigert die Frühlingswärme zu einem immer höhern Grade ꝛc. Auf der südlichen Halbkugel findet, wie man von selbst wahrnehmen und sich erklären wird, von allen diesen Umständen das Gegentheil Statt; nämlich die Sonne entfernt sich vom Aequator; die Tage nehmen ab, die Nächte zu; die Herbstluft wird immer strenger ꝛc. ꝛc. Es sollen daher nur die Erscheinungen in der nördlichen Halbkugel vorzugsweise erwähnt werden —. Ist die Sonne b b) im Krebse (den 22. Juni) angekommen, so ist der Nordpol der Sonne völlig zu-, der Südpol völlig von ihr abgewendet, oder eine durch m h g (Fig. 1. oder n m b Fig. 5.) gelegte Ebene geht durch die Sonne; diese hat ihre größte nördliche Abweichung vom Aequator $= 23\frac{1}{2}°$ erreicht und sie beschreibt zu dieser Zeit vermöge der Rotation der Erde den Wendekreis des Krebses, behält aber wegen der fast parallelen Lage desselben gegen die Ekliptik (man sieht, wenn man das auf der Kugel befindliche Zeichen des ♋ und den durch dasselbe gezogenen Meridian, oder den Kolur der Solstitien, gegen die Sonne stellt, mit Augen, wie die Ekliptik und der Wendekreis des K. bey jenem Zeichen und auf eine kleine Strecke links und rechts von demselben zusammentreffen), einige Tage vor- und nachher eine gleiche Mittagshöhe (scheint in Beziehung auf diese mittägige oder Meridianhöhe still zu stehen; daher Sommerstoltitium und Sommersolstitialpunkt); die Erleuchtungsgrenze reicht so weit, als die Sonne vom Aequator herauf-

gerückt ist, d. h. $23\frac{1}{2}°$ über den Nordpol hinaus, daher die Sonne allen den Orten, die innerhalb des mit dem Halbmesser von $23\frac{1}{2}$ um den Pol gezogenen Kreises, des nördlichen Polarkreises, wohnen, gar nicht untergeht; auf dem Nordpole selbst hat der Tag bereits 3 Monate (auf dem Südpole die Nacht eben so lange) gedauert; auf der entgegengesetzten Halbkugel geht die Erleuchtungsgrenze bis an den südlichen Polarkreis, dessen Flächenraum (die südliche kalte Zone) ganz im Dunkeln liegt; alle Parallelen zwischen dem nördlichen Polarkreise und dem Aequator liegen mit der möglich größten Hälfte in der Tag-, mit der kleinsten in der Nachtseite; es haben also die Bewohner der nördlichen gemäßigten Zone den längsten Tag und die kürzeste Nacht, und der Sommer ist für sie angegangen ꝛc. Ein unter der Polhöhe von Leipzig eingeschlagener Stift*) wird zeigen, wie hoch die Sonne in dieser Gegend (überhaupt im mittlern Deutschland) zu Mittage steht, wie weit sie sich dem Zenith genähert hat ꝛc. — Durchläuft hierauf die Sonne die Zeichen ♋, ♌, ♍, so kehrt sie gleichsam vom Wendekreise des Krebses wieder um und zum Aequator zurück; die Erleuchtungsgrenze nähert sich wieder den Polen; die Tage nehmen in der nördlichen Halbkugel ab, die Nächte zu ꝛc. ꝛc. — Tritt die Sonne cc) in die Wage ein (den 22. Septbr.), so steht sie zum zweytenmal im Aequator; die Erleuchtungsgrenze geht wieder durch die Pole; Tag und Nacht sind auf der ganzen Erde wieder gleich; es ist für die nördliche Halbkugel Herbstäquinoctium; der Tag hat auf dem Nordpole 6 Monate und eben so lange die Nacht auf dem Südpole gedauert ꝛc. ꝛc. Indem die Sonne die Zeichen ♎, ♏, ♐ durchläuft, steigt sie unter den Aequator hinab nach Süden; die Erleuchtungsgrenze geht über den nach der Sonne sich hinkehrenden Südpol hinaus und zieht sich von dem Nordpole, der nun von der Sonne sich wegwendet, zurück; die

*) Er kann bey dieser ganzen Demonstration (für andere Gegenden wird er gehörigen Orts eingesetzt) zu Hülfe genommen werden.

kleinere Hälfte der nördlichen Parallelkreise liegt in der Tag-, die größere in der Nachtseite; es nehmen also dort die Nächte zu, die Tage ab; die Herbstluft wird wegen des kürzern Verweilens der Sonne ꝛc. immer rauher ꝛc. — dd) Beym Eintritt der Sonne in den Steinbock (den 22. Decemb.) ist der Südpol der Sonne völlig zu-, der Nordpol von ihr abgewendet ꝛc. (vergl. oben unter bb.); die Sonne hat ihre größte südliche Abweichung vom Aequator = $23\frac{1}{2}°$ erreicht und beschreibt den Wendekreis des Steinbocks, behält aber ꝛc. (s. ebend.); Wintersolstitium und Wintersolstitialpunkt; die Erleuchtungsgrenze reicht $23\frac{1}{2}°$ über den Südpol hinaus ꝛc.; südlicher Polarkreis, innerhalb dessen jetzt die Sonne gar nicht untergeht; auf dem Südpole selbst hat der Tag bereits 3 Monate (auf dem Nordpole die Nacht eben so lange) gedauert; auf der nördlichen Halbkugel geht die Erleuchtung bis an den nördlichen Polarkreis und der von demselben eingeschlossene Flächenraum (die nördliche kalte Zone) liegt ganz im Dunkeln; alle Parallelen zwischen dem nördlichen Polarkreise und dem Aequator liegen mit der größern Hälfte in der Nacht-, mit der kleinern in der Tagseite; es haben also die Bewohner der nördlichen gemäßigten Zone die längste Nacht und den kürzesten Tag (Winters Anfang), während die der südlichen gemäßigten Zone den längsten Tag und die kürzeste Nacht (Sommers Anfang) haben ꝛc. Der unter bb) erwähnte Stift wird zeigen, wie tief jetzt die mittägige Sonne für Leipzig ꝛc. steht oder wie weit sie sich, in Vergleich mit dem Stande, den sie zu Anfange des Sommers hatte, von dem Zenith entfernt hat ꝛc. — Durchläuft hierauf die Sonne die Zeichen: ♑, ♒, ♓, so kehrt sie vom Wendekreise des Steinbocks wieder um und zum Aequator zurück; die Erleuchtungsgrenze nähert sich wieder den Polen; die Tage nehmen in der nördlichen Halbkugel wieder zu ꝛc. und die Strenge des Winters läßt allmälig nach, bis mit der Rückkehr der Sonne zum Anfangspunkt des Widders der Frühling eintritt ꝛc. Ein Jahr ist

num vollendet und alles erfolgt wieder in der beschriebenen Ordnung *).

§. 18.

Anfänger kann man noch besonders darauf aufmerksam machen: wie durch die bisher dargestellte Bewegung der Erde um die Sonne 1) die auf die Erdkugel gezeichnete Ekliptik (welche eigentlich nur an die Himmelskugel gehört), und 2) die Aequinoctialpunkte (als die Durchschnittspunkte des Aequators und der Ekliptik) am Himmel entstehn; wie es zugehe, daß 3) die Sonne nur den Bewohnern der durch die beyden Wendekreise eingeschlossenen Zone (der heißen Zone) durch das Zenith gehe, und daß 4) nur auf dem Aequator das ganze Jahr hindurch der Tag so lang wie die Nacht sey; wie 5) alle Linien, die von verschiedenen Punkten der Erdoberfläche und der Erdbahn nach den Aequinoctialpunkten am Himmel hingezogen werden, wegen der gegen den Durchmesser der Erdkugel und der Erdbahn unendlich weiten Entfernung der Fixsterne (A. LB. §. 90. 156 und 157.), mit einander parallel laufen, oder vielmehr in eine Linie zusammenfallen; wie 6) aus eben diesem Grunde die Erdaxe das ganze Jahr hindurch nach denselben Stellen des Himmels, namentlich der nördliche Theil derselben fortwährend nach dem sogenannten Polarsterne (A. LB. §. 3.) hingerichtet

*) Die Anleitung zur Veranschaulichung der doppelten Bewegung der Erde und der davon abhängenden wichtigen Erscheinungen, besonders des scheinbaren Laufs der Sonne und der Entstehung der Jahreszeiten (welche letztere selbst gelehrte Leute sich nicht immer erklären können) ist deswegen ausführlicher gegeben worden, weil richtige und klare Vorstellungen von jenen Gegenständen als der Hauptschlüssel zur gründlichen Kenntniß des wahren Weltsystems (der Kopernikanischen Weltordnung; A. LB. S. 234.) anzusehen sind und durch sie über so viele Bewegungen an der Himmelssphäre, die den größten Männern des Alterthums dunkel und räthselhaft blieben, ein helles Licht verbreitet und das Studium der Astronomie ungemein erleichtert wird.

bleibe, wie also 7) das ganze Himmelsgewölbe sich beständig um eine und dieselbe Axe (die Weltaxe; ebendas. §. 4.) drehe, ungeachtet die Erdaxe, durch deren Verlängerung jene entsteht, durch das beständige Fortrücken der Erde auf ihrer Bahn unaufhörlich ihre Stelle verändert.

§. 19.

Endlich kann man durch die bisherigen Vorrichtungen g) den aus der doppelten Bewegung der Erde entspringenden Unterschied zwischen den Stern- und Sonnentagen (A. LB. §. 52. 54 und 151 bey 2.) veranschaulichen. Man lasse, während die Erde z. B. in 0° ♎ steht, den mehrerwähnten Stift (§. 10. b.) culminiren und merke sich zugleich an der gegenüberstehenden Wand (oder an einem Fenster ꝛc.) einen gewissen Punkt (er soll irgend einen Fixstern vorstellen), der mit der Sonne zugleich im Meridian erscheint. Man führe die Erde nach und nach weiter; so wird man finden, daß der Stern immer früher, die Sonne dagegen immer später in den Meridian des Stifts tritt: *) wobey man aber nicht vergessen darf, daß (nach §. 18. unter 5.) alle Parallellinien von dem Beobachtungsorte nach dem Sterne mit der zuerst (durch die Sonne nach dem Sterne) gezogenen Linie zusammenfallen. Der Unterschied beträgt täglich ungefähr 1 Grad, und nach mittlerer Sonnenzeit (A. LB. S. 72.) 3 Min. 56½ Sec. (ebd. §. 57.); um eben so viel ist also der Sterntag kürzer als der mittlere Sonnentag. Weiter wird man sehen, daß die Erde, da sie sich, um den Sonnentag vollständig zu machen, täglich um beynahe 1° mehr als 360° um ihre Axe wälzt, und dieser Ueberschuß nach Beendigung ihres ganzen Umlaufs um die Sonne eine ganze Umwälzung betragen muß, —

*) Die Wiederkehr eines und desselben Fixsternes zum Meridian, oder die einmalige, obgleich nur scheinbare, Umwälzung der Fixsternsphäre, bestimmt die wahre und eigentliche Periode der Umdrehung der Erde um ihre Axe.

sich in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen 366 mal um ihre Axe schwingt.

§. 20.

Die Erdaxe weicht von der parallelen Lage (§. 14.) nach und nach etwas ab, indem sie sich sehr langsam gegen die Ordnung der Zeichen, oder von Morgen nach Abend, ohne jedoch ihren Neigungswinkel gegen die Ekliptik (ebendas.) zu verändern, bewegt (A. LB. §. 48. 49.). Diese in einem Jahre nur $50\frac{1}{10}$ Sec., folglich in $71\frac{4}{5}$ Jahren erst einen Grad, in 1000 Jahren ziemlich 14° ꝛc. betragende Bewegung und das, was davon abhängt, zu versinnlichen, bringe man die Erde in den Frühlingspunkt (§. 16. Anm.) und stecke bey ♈ und ♎ zwey Stifte so ein, daß die gerade Linie, die sie verbindet (die Aequinoctiallinie), verlängert durch den Mittelpunkt der Sonne gehe. Die Schnur X aber (Fig. 1.) spanne man jetzt um den mittlern Riefen von K und V. Man führe die Erde um die Sonne, bis der Zeiger wieder zu 0 ° ♈ zurückgekehrt ist, so wird man sehen: a) daß sich die Axe mit unveränderter Neigung gegen die Erdbahn von ihrer vorigen Lage ein wenig nach Westen hingewendet, und daß auch b) die Aequinoctiallinie, namentlich also der Frühlingspunkt, um eben so viel sich in der Fläche der Erdbahn rückwärts bewegt habe. Führt man die Erde öfters herum, so wird diese rückgängige Bewegung der Axe ꝛc. (die freylich an der Maschine viel zu schnell geschieht) immer mehr zunehmen, bis die Axe und die Aequinoctiallinie einen ganzen Umlauf (wozu in der Wirklichkeit 25800 Jahre erfordert werden; großes Platonisches Jahr) vollendet haben. — Aus a) und b) läßt sich ferner zeigen, daß c) der jetzige Polarstern sich mit der Zeit vom Nordpol entfernen und ein anderer an seine Stelle treten müsse (A LB. S. 66—67.); — daß d) alle Sterne nach und nach von den Aequinoctialpunkten und den Kolu-ren nach der Ordnung der Zeichen weg- oder weiter

nach Osten hinrücken (daß sie ihre Länge, Rectascension ꝛc. verändern; ebend. S. 65 f.); daß daher e) nach Verlauf von Jahrhunderten und Jahrtausenden in gleichen Jahreszeiten der nächtliche Himmel sich ganz anders zeigen wird; daß z. B. nach etwa 12900 Jahren zur Zeit des längsten Tages diejenigen Fixsterne zur Mitternacht am Himmel stehen werden, die man gegenwärtig um die Zeit des kürzesten Tages um Mitternacht am Himmel sieht ꝛc.; hauptsächlich aber, daß f) der Frühling (und mit diesem auch jede andere Jahreszeit) etwas früher wiederkehrt, als die Umlaufszeit der Erde um die Sonne in Beziehung auf die Fixsterne ausmacht. Stellt man nämlich die Erde wieder in den Frühlingspunkt und die Aequinoctiallinie, wie oben, nach der Sonne, und läßt man die Erde so weit um diese herumgehen, bis die genannte Linie abermals nach dem Mittelpunkte der Sonne hingerichtet ist; so wird man bemerken, daß der Zeiger von 0° ♈ etwas zurückgeblieben ist und sich noch in dem Zeichen der Fische befindet. Bey jedem neuen Umlaufe der Erde wird man ein Gleiches beobachten und daraus ersehen, daß die Sonne in jedem Jahre etwas früher als in dem vorhergehenden in den Frühlingsäquinoctialpunkt tritt (daher man jene Erscheinung das Vorrücken oder Voreilen der Nachtgleichen *) nennt), daß also die Zeit zwischen zwey Frühlingsäquinoctien oder das tropische Jahr etwas kürzer ist, als die Zeit, in welcher die Erde bis zu demselben Punkte ihrer Bahn zurückgekommen ist, wo dann ein gewisser Stern abermals mit der Sonne culminirt, —

*) Die physische Ursache dieser wichtigen Erscheinung wird durch die „Bohnenbergersche Maschine“ vortrefflich versinnlicht. M. s. die „Beschreibung einer Maschine zur Erläuterung der Gesetze der Umdrehung der Erde um ihre Axe und der Veränderung der Lage der letztern“ in den Tübinger Blättern f. Naturwissenschaften ꝛc. III. Bd. 1. St. Tüb. 1817. S. 72 ff., oder Gilberts Annalen ꝛc. 60. Bd. v. J. 1819. S. 60 ff.

d. h. kürzer als das siderische Jahr. Jenes ist das bisher gemeinte (§. 16. Anm.) und der Kalenderrechnung (die Ursache s. in A. LB. §. 56.) zum Grunde liegende Jahr; dieses ist = 365 T. 6 St. 9′ 8″ (A. LB. §. 55.)

II. Vorrichtungen für den Mondlauf und die davon abhängenden Erscheinungen, §. 21 bis 44.

A. Beschreibung derselben, §. 21 bis 25.

§. 21.

Da der Mond um die Erde und mit dieser zugleich um die Sonne läuft, so ist klar, daß der wesentliche Theil der bisher beschriebenen Vorrichtungen auch für den Mond gebraucht wird, und daß diejenigen Stücken, die zur Darstellung seiner Bewegung noch hinzukommen müssen, hauptsächlich über V (Fig. 1.) anzubringen sind. Diese Zusätze sind folgende:

§. 22.

Der Mondträger Fig. 6. Er besteht aus einem mit Messing eingefaßten und um das Centrum ausgebohrten Holzringe a, der um v″ w″ (Fig. 1.) des gehörig einzuschraubenden Aufsatzes W gelegt wird. Auf dem horizontalen Arme b c steht der senkrechte, mit einer geschlitzten Hülse, die sich bey dem hervorstehenden Rändchen e anfassen läßt, versehene Stift c f, auf welchen die Mondkugel gesteckt wird. b c läßt sich bequem, in stets horizontaler Lage, mit dem Ringe a um v″ w″ drehen. Der kleine Zeiger z′ liegt b genau gegenüber, oder in der Verlängerung von c b.

§. 23.

Der Mondring Fig. 7., welcher die Mondbahn vorstellt, und die Vorrichtung Fig. 8., durch welche er getragen wird (kurz der Mondringträger). Dieser ist, was a betrifft, dem Theile a in Fig. 6. völlig gleich und wird, wenn man den Mondträger (Fig 6.) abgenommen hat, eben so wie dieser um v″ w″ (Fig. 1.) gelegt und mit den horizontalen Armen b c, b d, deren Länge = b c in Fig. 6. ist, herumgedreht. Die senkrechten Theile c f, d e haben oben kleine messingene Knöpfchen g und h (die Mondknoten) mit vertikalen Kerben oder Einschnitten, in welche der Ring (Fig. 7.) an den mit geschwärzten Ringelchen bezeichneten Stellen g′ und h′, die einander diametraliter gegenüber liegen, eingelegt wird. Bey h′ ist jedoch der Ring unterwärts etwas breit geschlagen oder mit einem Läppchen versehen, weil er auf diese Art bequemer in die Kerbe h eingelassen und durch das Schräubchen i festgemacht werden kann. Bey g′ wird er in die Kerbe g nur ein wenig eingeklemmt, damit man ihn leicht herausheben und ein hölzernes Kügelchen k zwischen h′ k g′ h′ hin und her schieben könne. Rechts und links von g′ und h′, so wie 90° von diesen beyden Punkten sind noch die geschwärzten Ringelchen l, m und l′, m′; n, o und n′, o′; p und q; deren Zweck unten (aus §. 39.) erhellen wird.

§. 24.

Das kleine Holzstück Fig. 9., dessen unterer, längerer Theil a a in den Aufsatz L (Fig. 1.), nachdem man die Glaskugel herausgenommen, bis an den hervorstehenden Rand c d eingelassen wird. Es ist von e bis f durchbohrt, so daß entweder in die obere oder in die untere Oeffnung ein rundes Lämpchen mit dem dazu passenden Zapfen eingesteckt werden kann. Sollte das Lämpchen oder die Flamme zu hoch stehen, so setzt man den kürzern Theil

b b in den Aufsatz L ein. Auch kann man den cylindrischen Zapfen, da er nach der Länge geschlitzt ist, erweitern oder verengern, um dadurch das Lämpchen ein wenig höher oder tiefer zu stellen.

§. 25.

Außer dem Reifen No. 2. (§. 8. unter 2.) wird noch der, ebenfalls um x' y' über V zu legende, Reifen No. 3. gebraucht. Er besteht aus zwey Streifen, von denen der innere, von dem Striche aus, wo 360 steht, nach der Ordnung der Zeichen in $27\frac{1}{3}$ Tage für den periodischen Monat, der äußere, von demselben Punkte aus, aber nach der entgegengesetzten Richtung, in $18\frac{1}{2}$ Jahre für die rückgängige Bewegung der Mondknoten eingetheilt ist.

B. Gebrauch der eben beschriebenen Vorrichtungen, §. 26 bis 43.

§. 26.

Der Mond ist von der Erde im Mittel 51000 Meilen (A. LB. §. 95), diese von der Sonne über 20 Mill. M. (ebd. §. 96.) entfernt. Es ist also der Abstand der Sonne von der Erde 400 mal so groß als der des Mondes. — Dem körperlichen Inhalte nach ist der Mond beynahe 50 mal kleiner als die Erde, und diese gegen $1\frac{1}{2}$ millionenmal kleiner als die Sonne. Hieraus sieht man, daß die wahren Verhältnisse der Größen und Entfernungen der Kugeln, welche die Sonne, die Erde und den Mond vorstellen, an der Maschine unmöglich beobachtet werden können, daß daher an jedem Lunario (so auch an den übrigen Versinnlichungswerkzeugen) Unvollkommenheiten zurückbleiben, die kein Künstler zu beseitigen im Stande ist. — Nach dieser Voraussetzung will ich die wichtigsten Erscheinungen des Mondlaufes, die sich am Lunario veranschaulichen lassen, kürzlich berühren.

§. 27.

1) Der periodische Umlauf des Mondes.

Es wird die senkrechte Erdaxe (§. 7.) über W (Fig. 1.) und als Erde die Kugel Nr. 4. auf dieselbe gebracht. Auf den Mondträger (§. 22.) kann man als Mond das Kügelchen Nr. 6. aufstecken. Erde, Mond und Sonne (nämlich die in L eingelassene Glaskugel) müssen nach §. 9. gestellt seyn. Man bringe die Erde in einen beliebigen Punkt ihrer Bahn (etwa wieder in den Frühlingspunkt), und richte den Mondarm b c (Fig. 6.) nach der Sonne, den Zeiger z aber auf den Strich des Reifens No. 3., wo $\frac{1}{3}$ steht (dieß ist zugleich der Nullpunkt des Umkreises). Man rücke den Arm fort, so daß der Zeiger nach und nach auf 1, 2, 3 ff. weiset (die Erde bleibt aber indeß in Ruhe); so sieht man, um wie viel der Mond an jedem Tage auf seiner Bahn von Westen nach Osten, oder von der Rechten zur Linken fortrückt (A. LB S. 102.) bis er nach $27\frac{1}{3}$ T. (27 T. 7 St. 43 Min.) ganz herumgekommen ist und den period. Umlauf (A. LB §. 72.) vollendet hat. Periodischer Monat.

Will man statt des Reifens No. 3. die Eintheilung No. 2. auflegen, so kann man sehen, wie der Mond während eines period. Monats alle Zeichen des Thierkreises (eben so wie die Sonne in einem Jahre) durchläuft; wo er von Tag zu Tage, in Vergleich mit der Sonne, in der Ekliptik steht und wie weit er von o° ♈ (welcher Abstand seine Länge ausmacht) entfernt ist u. s. w.

§. 28.

2) Der synodische Umlauf des Mondes.

Nach Verlauf des periodischen Monats ist der Mond zu demselben Fixstern zurückgekehrt, culminirt also mit demselben zugleich wieder. Indessen ist aber die Erde auf ihrer Bahn um ungefähr 27° fortgerückt. Um so viel bewege man den Erdarm F F (Fig. 1.), nachdem man die Schnur

X um den untersten Riefen von K und V (nach §. 14.) gelegt hat, nach Maßgabe des Zeigers z und des Reifens No. 1., weiter. Jetzt wird der Augenschein lehren, daß der Mondarm b c (Fig. 6.; man muß sich einbilden, daß er mittlerweile mit der Mondkugel einmal herumgekommen sey) wieder nach demselben Fixsterne (demselben Punkte der Wand u. s. w. im Zimmer) hingerichtet ist und wieder über demselben Grade der Eintheilung des Reifens No. 2. wie vorher steht; daß er aber die Sonne noch nicht erreicht hat und noch ein Stückchen weiter geschoben werden muß, um zu dieser zurückzukehren. Hierzu sind ziemlich $2\frac{1}{4}$ Tag (2 T. 5 St. 1 Min.) erforderlich, in welcher Zeit die Erde noch etwa um 2° fortrückt; welches letztere man ebenfalls bewerkstelligen muß. Mit der Zurückkunft des Mondes zur Sonne ist der synodische Umlauf, oder der synodische Monat *) = $29\frac{1}{2}$ T. (29 T. 12 St. 44′) vollendet.

§. 29.

Zu Anfange des synod. Umlaufs steht der Mond zwischen Erde und Sonne, oder in Conjunction ☌ mit dieser; in der Mitte desselben steht er der Sonne gegenüber (die Erde ist auf der geraden Linie zwischen beyden Körpern) oder in Opposition ☍ mit der Sonne (180° von derselben). Zwischen beyden Stellungen ist er 90° von der Sonne oder in den Quadraturen; welches alles auf den ersten Blick am Lunario zu sehen ist.

§. 30.

3) Lichtwechsel des Mondes.

In die Periode des synodischen Monats ist die Abwechselung der Lichtgestalten des Mondes (der Mondpha-

*) Dieser Monat heißt auch der Mondenmonat, deren zwölf das astronomische Mondenjahr = 354 Tagen 8 St. 48′ (welches also um 10 Tage 21 St. kürzer als das tropische Sonnenjahr — §. 20. — ist) ausmachen. Das bürgerliche Mondenjahr wird nur zu 354 T. gerechnet; s. A. L B. §. 73.

sen) eingeschlossen (A. LB. §. 66 und 67.) Man bringe den Mond in ☌. Damit alles besser in die Augen falle, nehme man jetzt die Kugel Nr. 4. zum Monde und Nr. 6. zur Erde. Letztere bedeute bey dieser Operation nur den Standpunkt, von welchem aus das Auge dem Monde, indem man ihn in seiner Bahn herumführt, folgen muß. Zur Erleuchtung des Mondes in den Quadraturen ist jetzt auch das Anzünden der beyden äußern Dochte in der Lampe hinter der Glaskugel (§. 5.) erforderlich. — Man bemerke vor allen Dingen, wie der Mond während seines Umlaufs um die Erde seine erleuchtete Halbkugel immer nach der Sonne hinwendet; daraus wird sich, wenn man ihn wieder zur Sonne zurückbringt und ihn aufs neue langsam um die Erde gehen läßt, ergeben: wie er a) in der ☌ seine dunkle Hälfte der Erde zukehrt, folglich für uns unsichtbar oder Neumond ist; wie er b) nach einigen Tagen sichelförmig an seiner rechten oder westlichen Seite erleuchtet zum Vorschein kommt und wie dieser erleuchtete Theil nach der Linken hin von Tag zu Tage breiter wird; wie er uns c) in der ersten Quadratur die Hälfte *) seiner lichten Halbkugel (erstes Viertel genannt) sehen läßt; wie er hierauf immer mehr an Licht zunimmt und d) in der ☍ sich der Erde als völlig erleuchtete Scheibe oder als Vollmond **) zeigt; wie er von nun an e) an der westlichen Seite an Licht abnimmt und f) in der zweyten Quadratur abermals halb erleuchtet (oder als letztes Viertel) erscheint; wie er g) bey der Annäherung zur ☌ wieder in die

*) Man sieht in obiger Stellung des Mondes etwas mehr als diese Hälfte, also eine kleine Abweichung von der Wirklichkeit; welches von der unverhältnißmäßigen Nähe der Sonnenkugel an der Maschine herrührt; vergl. §. 26. — Uebrigens wird man auch bey dieser Darstellung des Mondwechsels sich von der Vortrefflichkeit der Erleuchtung durch die Glaskugel überzeugen.

**) Damit der von der Erdkugel herkommende Schatten hier der Erleuchtung keinen Abbruch thue, kann man jene ein wenig niedriger stellen. Die Ursache, warum der Erdschatten nur selten den Vollmond trifft, wird sich bald zeigen.

sichelförmige, aber auf der östlichen oder linken Seite sich zeigende, Gestalt übergeht und endlich h) in der ☌ selbst wieder unsichtbar wird. *)

Warum der Mond in der ☌ mit der Sonne zugleich culminire und mit ihr auf- und untergehe; warum er hierauf mit jedem Tage später, im ersten Viertel Abends um 6 Uhr, als Vollmond Mitternachts um 12 Uhr, im letzten Viertel Morgens um 6 Uhr durch den Meridian gehe ꝛc.; dieß alles läßt sich ebenfalls leicht veranschaulichen, wenn man zum Mond wieder die kleinere Kugel (Nr. 6.) und zur Erde die Kugel Nr. 3. nimmt, in letztere auf einem Meridianpunkte ein Stiftchen schlägt, dieses zuerst mit dem Neumond nach der Sonne wendet, und dann dem auf seiner Bahn fortgehenden Monde es immer nachrückt ꝛc. Auf diese Art kann man auch sehen, wie wegen der Rotation der Erde der Mond in den ersten Tagen nach der ☌ sich Abends nur einige Stunden am westlichen Himmel nach Sonnenuntergang, dann immer länger zeigt; wie er im ersten Viertel die halbe, als Vollmond die ganze Nacht hindurch sichtbar ist; wie er nach der ☍ später des Nachts, im letzten Viertel erst zur Mitternacht aufgeht, dann nur noch in den Morgenstunden, östlich von der Sonne, erscheint ꝛc.;

*) Wenn man den zu- oder abnehmenden Mond durch ein Fernrohr betrachtet, so sieht man bekanntlich die Lichtgrenze desselben ausgezackt und nicht weit davon in dem noch dunkeln, unerleuchteten Theile flimmernde Punkte, welche nichts anderes als Berge sind, deren Gipfel von den Sonnenstrahlen getroffen werden, während die umher liegenden niedrigern Theile der Mondoberfläche sich noch im Schatten befinden (A. L B. §. 132.). Auch diese interessante Erscheinung kann man am Lunario deutlich darstellen, wenn man eine etwas größere Mondkugel aufsteckt, in der man (nach §. 132 ff. des A. L B.) auf der nach der Erde hinzukehrenden Hälfte einige kleine Erhöhungen und Vertiefungen angebracht hat. Vielleicht könnte ein Töpfer eine solche Kugel am besten machen. — Mit gleicher Leichtigkeit kann man zeigen, daß die Erde die Lichtgestalten, in denen uns der Mond erscheint, hinwiederum diesem unsern Trabanten, nur in umgekehrter Ordnung, darbietet; daß z. B. die Mondbewohner die Erde in vollem Lichte (als Vollerde) sehen, wenn wir Neumond haben u. s. w.

wie überhaupt aus der Axendrehung der Erde sein täglicher scheinbarer, von Ost nach West, also in einer seiner monatlichen Bewegung entgegengesetzten Richtung gehender, Umlauf entsteht u. s. w.

§. 31.

4) Axendrehung des Mondes.

Der Mond kehrt der Erde beständig eine und dieselbe Seite zu (A. L B. §. 135.). Dieß sieht man deutlich an der aufgesteckten Mondkugel, wenn man sie auf der einen Hälfte mit einigen Kreidepunkten ꝛc. bezeichnet und sie nun, nachdem man diese Hälfte gegen die Erde gerichtet hat, ihren monatlichen Umlauf machen läßt. Hieraus erhellet aber auch zugleich, daß sich während dieses Umlaufs der Mond einmal um seine Axe dreht. Wem dieß nicht sogleich einleuchten will, der stelle sich, ohne die Lage des Auges zu verändern, vor den Tisch, auf welchem die Maschine steht, und bemerke, ob ihm nicht, während der Mond um die Erde geht, nach und nach die ganze Oberfläche desselben, also alle Theile sowohl der bezeichneten als der unbezeichneten Halbkugel zu Gesichte kommen. Dieß letztere wird wirklich geschehen. Da es nun unmöglich ist, aus einem einzigen und unverrückten Standpunkte die ganze Oberfläche einer Kugel zu übersehen, wenn sich solche nicht wirklich um ihre Axe dreht; so muß sich Jeder, der das genannte Experiment macht, überzeugen, daß auch der Mond eine rotatorische Bewegung habe. Indeß ist der Unterschied, der hierin zwischen Erde und Mond Statt findet, nicht außer Acht zu lassen. Wenn nämlich bey jener die progressive (fortschreitende) und rotatorische Bewegung in verschiedenen, von einander ganz unabhängigen Zeiträumen vollbracht wird; so stehen bey diesem beyde Bewegungen in genauer Verbindung und fallen nothwendig in eine Periode zusammen.

§. 32.

Aus §. 31. folgen noch einige merkwürdige Erscheinungen (A. LB. §. 136.), deren Darstellung vermittelst des an der beleuchteten Mondkugel eingeschlagenen und nach verschiedenen Punkten nach und nach hinzurichtenden Stifts (§. 30.) und durch allmäliges Herumführen des Mondes um die Erde leicht ins Werk zu setzen ist. Es gehen nämlich auf dem Monde, vermöge der Rotation desselben, Sonne, Planeten und Sterne auf und unter; nur ist deren Sichtbarkeit sowohl als ihre Unsichtbarkeit der Dauer des halben Monates gleich. Es dauert also, in Beziehung auf die Sonne, der Tag (die Zeit zwischen Sonnen-Auf- und Untergang) $14\frac{3}{4}$ unserer Tage und eben so lange die Nacht. Die Erde hingegen scheint den Mondbewohnern unbeweglich an einem und demselben Orte des Himmels zu stehen; den in der Mitte der nach uns zugekehrten Halbkugel wohnenden immer im Zenith, den am Rande befindlichen immer im Horizont ꝛc. Die Bewohner der hintern Halbkugel sehen jedoch die Erde niemals, wenn sie nicht etwa herüberreisen. Auf der Mitte der vordern Halbkugel hat man vom ersten bis letzten Mondesviertel die Sonne über dem Horizont, im Vollmonde Mittag, im Neumonde Mitternacht ꝛc.; auf der Mitte der hintern Hälfte ist vom letzten bis zum ersten Viertel Tag, zur Zeit des Neumondes Mittag, zur Zeit des Vollmondes Mitternacht u. s. w.

5) Sonnen und Mondfinsternisse.

(A. LB. §. 69 bis 71. 97 bis 102.)

§. 33.

Die Glaskugel S (Fig. 1.) nebst dem Lampenträger O wird jetzt abgenommen, und das runde Lämpchen über L (nach §. 24.) aufgesetzt, weil der Schatten der durch jene Vorrichtung erleuchteten Kugeln in einiger Entfernung hinter denselben zu matt und zu undeutlich wird. Jedoch leistet

hier auch das Lampen- oder Kerzenlicht bey weitem nicht, was man zur vollkommenen Darstellung der Sache wünschen muß, *) wiewohl das Wesentliche derselben, ungeachtet dieser, nicht zu hebenden, Mangelhaftigkeit, sich auf eine für den denkenden und aufmerksamen Beschauer hinlänglich genügende Weise bemerklich machen läßt.

§. 34.

Man nehme zur Erde (auf die senkrechte Axe) die Kugel Nr. 4. und zum Monde (auf dem bisher gebrauchten Mondträger, Fig. 6.) das Kügelchen Nr. 6., und stelle beyde Kugeln mit der Lichtflamme in eine gerade Linie. Bringt man den Mond in ☌, so fällt der Schatten desselben auf die Erde, welcher in der Wirklichkeit (je nachdem Sonne und Mond in der Erdnähe oder Erdferne sind ꝛc.) entweder eine totale, oder (je nachdem der Beobachtungsort mehr oder weniger seitwärts der Axe des Schattenkegels liegt) eine partiale Sonnenfinsterniß verursacht. Im Mittel ist die Länge des Mondschattens $= 58\frac{1}{2}$ Erdhalbmesser (die Entfernung des Mondes vom Centrum der Erde = 60 Erdhalbm.); daher erreicht der Schatten gemeiniglich die Erde nicht, sondern endigt sich in einer gewissen Entfernung von ihrer Oberfläche in eine Spitze, unter welcher die Orte liegen (oder vermöge der Rotation der Erde und der eigenen Bewegung des Mondes nach und nach zu liegen kommen), welche die Finsterniß central und zugleich ringförmig sehen.

Läßt man den Mond langsam vor der Sonne (der brennenden Lampe) vorübergehen, so sieht man: a) warum bey

*) Es macht z. B., daß der Schatten der Erd- und Mondkugel, gegen die Natur der Sache, immer breiter ausläuft; daß Kern- und Hof-schatten (A. LB. §. 98.) sich nicht unterscheiden lassen; daß das Schattenende des Neumondes allemal bis auf die Erde fällt; daß also hierdurch die Vorstellung partialer und ringförmiger Sonnenfinsternisse unmöglich wird u. s. w.

Sonnenfinsternissen eine schwarze Scheibe von Abend nach Morgen, oder von der Rechten zur L. durch die Sonne rückt; b) warum die westlichen Länder der Erde die Finsterniß eher sehen als die östlichen; c) warum überhaupt eine Sonnenfinsterniß weder überall auf der ganzen erleuchteten Erdhalbkugel beobachtet, noch allenthalben gleich groß gesehen werden kann ꝛc.

§. 35.

Bringt man den Mond in ☍, so tritt er in den Schatten der Erde und man bemerkt eine Mondfinsterniß. — Der Erdschatten ist im Mittel etwa 226 Erdhalbmesser lang (oder er erstreckt sich fast 4 mal soweit als der Mond von uns steht) und ist da, wo der Vollmond sich befindet, im Durchmesser fast 3 mal größer als dieser; welcher letztere Umstand bey den aufgesteckten Kugeln Nr. 4 und 6. ungefähr zutrifft. *) — Auch die Mondfinsternisse sind entweder total, bisweilen zugleich (wie das Lunarium bey gegenwärtiger Vorrichtung zeigt) central **), oder partial. Um von der letztern Art einen sinnlichen Begriff zu geben, führe man die Mondkugel in etwas erhöheter oder vertiefter Stellung durch den Erdschatten, wobey zugleich, wie in der zuerst gebrauchten Stellung, der Augenschein lehrt, daß jener Schatten auf dem Monde allezeit sphärisch gestaltet erscheint und daher zu einem unwidersprechlichen Beweise von der Kugelgestalt der Erde dient.

Die genauere Betrachtung und wiederholte Darstellung der eben genannten Phänomene zeigt noch: a) warum bey Mondfinsternissen eine schwarze Scheibe von Morgen nach Abend, oder von der Linken zur R. durch den Voll-

*) Man halte etwa ein Buch mit weißem Umschlage hinter den Mond nahe bey dessen ☍, um die Schatten des Mondes und der Erde vergleichen zu können; überhaupt auch, um zu sehen, ob und wie sich die Schatten beyder Körper decken.

**) Die Unmöglichkeit der ringförmigen ergiebt sich von selbst.

mond rückt; b) warum man sie auf der ganzen nächtlichen Halbkugel der Erde, der der Vollmond über dem Horizonte steht, in gleicher Größe und auf einmal sieht, ob man gleich an verschiedenen Orten, nach ihrer östlichen oder westlichen Entfernung von einander, frühere oder spätere Stunden zählt, woraus sich ihr Meridianabstand oder der Unterschied ihrer geograph. Länge herleiten läßt (A. LB. §. 71. und S. 138.).

6) Neigung der Mondbahn, und was daraus für die Finsternisse ꝛc. folgt.

§. 36.

Bewegte sich, wie wir bis jetzt angenommen haben, der Mond in derselben Ebene, in der sich die Erde um die Sonne bewegt, so würden alle Neu- und Vollmonde Finsternisse, und zwar immer centrale (an der Sonne öfters auch ringförmige) und totale, mit sich bringen; der Mondschatten würde immer in einer mit der Ekliptik parallelen Linie durch die Sonne, oder genau vom westlichen zum östlichen Sonnenrande, eben so auch der Erdschatten genau vom östlichen zum westlichen Rande durch die Mondscheibe rücken ꝛc. Da aber weder jenes noch dieses der Fall ist; so kann auch die Mondbahn mit der Erdbahn oder der Ekliptik nicht in einer und derselben Ebene liegen.

§. 37.

Es lehren aber alle Beobachtungen, daß die Mondbahn gegen die Erdbahn eine schräge Lage hat, oder daß jene gegen diese unter einem Winkel von etwa $5\frac{1}{5}°$ (A. LB. §. 79.) = dca oder ecb in Fig. 10. (wo ab die Lage der Ekliptik bedeutet) geneigt ist. Diese Neigung wird durch die Vorrichtungen Fig. 7 und 8. (s. §. 23.) an der Maschine versinnlicht. Man bringe den Ring in die Kerben der Knöpfchen g und h und richte diese gegen die Sonne, so

daß der Mittelpunkt der auf der schrägen Erdaxe (Fig. 3.) aufgesteckten Erdkugel Nr. 3. in der geraden Linie liege, die durch die Knöpfchen nach dem Centrum der Sonne (der Lichtflamme des Lämpchens) geht. Man gebe hierauf dem Ringe eine schräge Lage *) (ungefähr nach Fig. 9.) und halte ihn in derselben durch das Schräubchen i (Fig. 8.) fest. Auf diese Art liegt der Ring nur nach der Linie durch die Knöpfchen in der Fläche der Erdbahn, woraus man sieht:
a) wie Erd- und Mondbahn einander durchschneiden; wie
b) die Hälfte der Mondbahn von der genannten Durchschnittslinie aus (sie heißt die Knotenlinie der Mondbahn; die durch die Knöpfchen vorgestellten Punkte selbst sind die Knoten der Bahn) nördlich über, die andere Hälfte südlich unter der Fläche der Erdbahn liegt;
was c) unter dem aufsteigenden (☊) und niedersteigenden Knoten (☋) zu verstehen ist.

§. 38.

Man spanne die Schnur über den untersten Riefen von K und V (Fig. 1.) und lasse die Erde mit der nach §. 37. gerichteten Mondbahn einen Umlauf um die Sonne machen, aber so, daß man nach jedem halben synodischen Monat (§. 28.), dessen Verlauf man vermittelst des Zeigers z über dem Reifen No. 1. abzählt, also bey jedem eintretenden Neu- und Vollmonde, einen Ruhepunkt macht.

*) Um diese genauer, als nach dem bloßen Augenmaße, zu treffen, schneide man ein Stück Pappe oder Holz nach Fig. 11. aus, so daß der Winkel bey d (oder adc) der Neigung der Mondbahn gleich sey. Man lege die Seite ad an den Träger cf (Fig. 8.), und zwar d an das Knöpfchen h, und richte nun den Ring so, daß er mit dc parallel läuft. Diese Lage desselben wird mit der wirklichen Lage der Mondbahn gegen die Ekliptik übereinstimmen. Man wird sie aber gleichwohl etwas geneigter annehmen müssen, etwa nach dem Winkel adb in Fig. 12., weil sonst der Mond an der Maschine nicht so hoch oder so tief über und unter die Ekliptik hinauf- und hinabsteigt, als in der Wirklichkeit geschieht.

Bey jeder ☌ und ☍, wo die Knöpfchen g und h (Fig. 8.) nicht selbst gegen die Sonne gerichtet sind, bringe man das Mondkügelchen k (Fig. 7.) des Mondringes in die Lage des Neu- und Vollmondes. Während dieser Operation wird man (um fürs erste nur das Allgemeine bemerklich zu machen) deutlich wahrnehmen: a) daß die Knotenlinie sich immer selbst parallel (immer nach demselben Punkte des Himmels, im Zimmer immer nach derselben Wand ꝛc. hingerichtet) bleibt; b) daß sie nur zweymal jährlich, und zwar in zwey entgegengesetzten Punkten der Erdbahn, durch die Sonne geht; c) daß nur dann, wenn die Neu- und Vollmonde in diese Punkte oder deren Nähe fallen, Sonnen- und Mondfinsternisse möglich sind, und daß d) in den dazwischen liegenden Punkten der Neu- und Vollmond zu hoch über oder zu tief unter der Ekliptik steht, um eine Finsterniß zu bewirken oder zu erleiden; e) daß es nicht nur totale und centrale, sondern auch partiale Finsternisse giebt; f) daß der Mondschatten durch die Sonnen-, und der Erdschatten durch die Mondscheibe, je nachdem sich der Neu- und Vollmond beym auf- oder niedersteigenden Knoten befindet, in einer gegen die horizontale Linie O W (Fig. 13 und 14.) schrägen Richtung a b und c d, also ungefähr von S O nach N W oder von N O nach S W, sich bewegt.

§. 39

Vermöge der Neigung der Mondbahn, des Durchmessers der Sonne, des Mondes und des Erdschattens, so wie der gegenseitigen Entfernungen aller drey Körper, fallen die Finsternisse nicht nur in die Knoten selbst, sondern sie können sich auch zu beyden Seiten derselben, und zwar die Sonnenfinsternisse bis zu einer Entfernung von höchsten 20°, und die Mondfinsternisse bis zu dem Abstande von höchstens 13° vom ☊ oder ☋ ereignen. Die Grenzen der Sonnenfinsternisse sind also weiter als die der Mondfinsternisse (A. LB. §. 100 und 101.); daher fallen jene, in Hin-

sicht ihrer allgemeinen Sichtbarkeit, oder für die Erde überhaupt, häufiger als diese, etwa in dem Verhältnisse wie 7 zu 5 vor, ob sie gleich für einen bestimmten Ort, wegen der beträchtlichen Parallaxe des Mondes, fast dreymal so selten sind (A. LB. §. 71 und 102.) — An dem Mondringe (Fig. 7.; vergl. §. 23.) sind die Grenzen der Mondfinsternisse durch die geschwärzten Ringelchen l, n und l′, n′ und die der Sonnenfinsternisse durch m, o und m′, o′ (links und rechts von den Knotenpunkten g′, h′) bemerklich gemacht. Wie nun innerhalb dieser Grenzen, den angegebenen Bedingungen zufolge, während eines Jahres sich totale und partiale Finsternisse zutragen, soll das Beyspiel des gegenwärtigen Jahres 1823 lehren

§. 40.

Die Erdaxe bekomme mit der Kugel Nr. 3. die gehörige Richtung nach Norden (§. 14.). Die eingetheilten Reifen No. 1 und 2. werden nach dems. §. aufgelegt. Die nach §. 38. um K und V gespannte Schnur mache, daß sowohl die Erdaxe, als die Knotenlinie der Mondbahn sich beym Fortschieben des Erdarms genau selbst parallel bleibe.

Es begeben sich in diesem Jahre 6 Finsternisse, nämlich

1) eine kleine partiale Sonnenfinsterniß den 12. Januar. Man stelle den Zeiger z (Fig. 1.) auf diesen Tag. Der Neumond steht zu dieser Zeit nach den Ephemeriden *) ein ziemliches Stück vor dem ☊. Man richte also die Mondbahn, von der Erde aus nach der Sonne (dem Flämmchen der brennenden Lampe) hingesehen, so, daß sie von West nach Ost (oder von der Rechten nach der Linken) aufwärts steigt, und die Knotenlinie, oder den Arm bc (Fig. 8.) soweit links von der geraden Linie zwischen Erde und Sonne, daß das Ringelchen l (Fig. 7.) in diese gerade Linie fällt. Hierher nun bringe man den Neumond, oder das Kügelchen k. Man wird sehen, daß

*) Man s. das Bode'sche Jahrbuch für 1823. S. 82. ff.

wegen der ansehnlichen südlichen Breite *) des Mondes die Finsterniß nur in den südlichsten Gegenden (auch da sehr klein) sich zeigt. — Von hier an hat man nichts zu thun, als bloß den Erdarm soweit fortzuschieben, daß der Zeiger den von 2) bis 6) genannten Monatstagen entspricht, und das Mondkügelchen am Ringe bey jeder Sonnenfinsterniß in die gerade Linie zwischen Erde und Sonne zu bringen, wo sich dann zeigen wird, daß es immer innerhalb der Grenzen der Finsternisse bleibt, die um so kleiner ausfallen müssen, je weiter das Kügelchen vom Knoten absteht.

2) Eine totale Mondfinsterniß den 26. Januar. Denn der Vollmond fällt fast genau in den Knoten selbst, **) und zwar kurz vor dem ♂. Der Erdschatten rückt also in der Richtung von SO nach NW (Fig. 13.) durch den Mond ꝛc.

3) Eine ebenfalls kleine Sonnenfinsterniß d. 11. Februar, welche wegen der großen nördlichen Mondbreite nur in den nördlichsten Ländern (in Sibirien ꝛc.) sich zeigt.

4) Eine etwa größere partiale Sonnenfinsterniß den 8. Juli, wegen der beträchtlichen nördlichen Mondbreite abermals nur in nördlichen Ländern sichtbar.

5) Eine totale Mondfinsterniß den 23. Juli. Denn der Vollmond fällt wieder ziemlich in den Knoten, und zwar kurz nach dem ☊. Der Erdschatten rückt also in der Richtung von NO nach SW (Fig. 13.) durch den Mond ꝛc.

*) Unter der Breite des Mondes und der Planeten ꝛc. versteht man deren nördlichen oder südlichen Abstand von der Ekliptik; unter der Länge deren östlichen Abstand von 0° ♈.

**) Man bringe lieber gerade zu den Mond in den Knoten, wenn er noch etwas davon abweichen sollte. Dadurch wird das Folgende um so genauer zutreffen. Kleine, jedoch kaum bemerkbare, Abweichungen müssen wegen §. 42. bleiben.

6) Eine kleine partiale Sonnenfinsterniß den 6. August, wegen der großen südlichen Mondbreite nur in den südlichen Gegenden bemerkbar.

Alle Kalender geben diese Finsternisse in der Hauptsache auf gleiche Weise an. Nicht nur die Möglichkeit, sondern auch die Richtigkeit ihrer Berechnung (wie für das genannte, so für jedes andere Jahr) ergiebt sich aus obiger Darstellung am Lunario augenscheinlich. Durch diese wird man zugleich noch folgende Umstände bestätigt finden. Fällt ein Neumond in beträchtlicher Weite, z. B. 15° vor dem Knoten, so fällt der nächste etwa 15° nach demselben, beyde also innerhalb der Grenzen der Finsternisse, so daß in solchem Falle zwey Sonnenfinsternisse, die jedoch nur klein seyn können, unmittelbar auf einander folgen. Der dazwischen liegende Vollmond fällt in den Knoten selbst, wird daher total verfinstert. Umgekehrt sind der einer totalen Mondfinsterniß unmittelbar vorhergehende und nachfolgende Neumond gewöhnlich mit kleinen Sonnenfinsternissen verbunden, welches also 1823 zweymal der Fall ist. Zwey Mondfinsternisse hingegen, die nur um einen Monat von einander entfernt wären, sind unmöglich, weil jeder Vollmond vom nächsten 30° entfernt ist, folglich, wenn der eine mit einer Finsterniß verbunden, mithin um weniger als 13° (§. 39.) vom Knoten entfernt war, der andere wenigstens 17° davon entfernt seyn muß. Bey totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternissen, die in den Knoten fallen, kann folglich weder der vorhergehende noch der nachfolgende Vollmond eine Finsterniß erleiden. Ueberhaupt folgt daraus, daß die Mondfinsternisse desto kleiner ausfallen, je größer die Sonnenfinsternisse sind, und umgekehrt; daß zwischen zwey totalen Sonnen- oder Mondfinsternissen immer ein halbes Jahr vergeht; daß in einem Jahre, worin sich zwey centrale Sonnenfinsternisse ereignen, gar keine Mondfinsternisse Statt finden können; daß, wenn auch die Mondfinsternisse fehlen, jährlich wenigstens zwey Son-

nenfinsternisse sich zutragen müssen (weil nach einem halben Jahre die Knotenlinie wieder durch die Sonne geht) u. s. w.

7) Rückgängige Bewegung der Mondknoten.

§. 41.

Da 12 synodische Monate erst 354 Tage (§. 28.) ausmachen, so fallen die Finsternisse irgend eines Jahres im nächstfolgenden auf andere Tage, aber in veränderter Größe und Zahl ꝛc., wozu noch der Umstand beyträgt, daß die Knoten der Mondbahn jährlich $19\frac{1}{3}^{\circ}$ gegen die Ordnung der Zeichen, oder von Morgen nach Abend, fortrücken, folglich nach 18 Jahren $7\frac{1}{2}$ Mon. (18 J. 223 T. 7 St.) um den ganzen Thierkreis herumkommen (A. LB. §. 79.). Diese rückgängige Bewegung *) kann man vermittelst des Reifens No. 3., dessen äußere, von dem Punkte, wo 360 steht, ausgehende Eintheilung jener Periode von 18 Jahren $7\frac{1}{2}$ Mon. entspricht, bewirken; es stellt sie aber auch das Lunarium selbst vor, wenn man die Schnur um den obersten Riefen von K und V (Fig. 1.) spannet. Denn bey dieser Vorkehrung wird die zuerst gegen die Sonne gerichtete Knotenlinie nach jedem Umlaufe der Erde ungefähr um soviel, wie so eben gemeldet, sich rückwärts verschoben haben. Bedient man sich derselben zur Darstellung der Finsternisse in §. 40., sowird sich (bey möglichst angewendeter Sorgfalt) zeigen, daß 354 Tage nach der Finsterniß Nr. 1., also den 1. Jan. 1824., der Neumond nicht allzuweit südlich vom ☊ steht, daß also in südlichen Ländern eine beträchtliche Sonnenfinsterniß zu sehen seyn muß; daß dann den 16. Jan. wieder eine kleine Mond- und erst den 26. Juni wieder eine große Sonnenfinsterniß eintreten wird u. s. w.

*) Sie ist dem Rückwärtsgehen der Erdaxe (§. 20.) ganz ähnlich und hat auch mit demselben eine gleiche physische Ursache; A. LB. §. 302.

§. 42.

In 18 Jahren und 11 Tagen kommt die Knotenlinie um 349°, oder 360° weniger 11°, am Himmel herum. Man stelle also die Erde auf einen beliebigen Punkt ihrer Bahn, zum B. in den Frühlingspunkt, und den ☊ oder den Arm b c (Fig. 8.) gerade über 0° ♈ der Eintheilung No. 2., gegen die Sonne, so daß eine totale Sonnenfinsterniß sey. Man lasse in Gedanken die Erde 18 Umläufe machen (die Schnur sey wieder um den untersten Riefen gespannt) und schiebe sie dann, vermittelst des Zeigers z, noch wirklich um 11 Tage weiter fort. Jetzt wird der Arm b c oder die Knotenlinie noch rechts vor der Sonne, nämlich 11° westlich, vorbey gehen. In dieser Lage aber kann sie, obiger Bewegung zufolge, nicht seyn, sondern muß, weil sie 349° gegen die Ordnung der Zeichen zurückgelegt hat, noch 11° östlich von 0° ♈ stehen. Hierher, nämlich über 11° ♈, bringe man also den Arm b c. Man wird sehen, daß die Knotenlinie wieder durch die Sonne geht. Da nun 18 Jahre und 11 Tage gerade 223 synodische Monate ausmachen (A. LB. S. 114.); so ist in dieser Stellung wieder Neumond, folglich wieder eine große Sonnenfinsterniß; überhaupt müssen nun, da die Sonne, der Mond und seine Knoten wieder dieselbe Lage haben als am Anfange der genannten Periode, die Finsternisse, die von dieser Stellung abhängen, wieder in derselben Ordnung wie vor 18 Jahren 11 Tagen, obgleich, wegen veränderter Nebenumstände, in etwas anderer Größe, Dauer ꝛc. erfolgen. Auf diese Art kann man jene berühmte Periode (von Alters her die Chaldäische genannt) am Lunario anschaulich darstellen. *)

*) Wie dürftig ist gegen obige Darstellungen am Lunario, auch nur in Beziehung auf die Finsternisse (§. 33 bis 42.), das, was nicht nur die gewöhnlichen Werkzeuge dieser Art, sondern auch die berühmtesten, z. B. das Adams'sche Tellurium, leisten. Man s. die Beschreibung dieses letztern, ins Deutsche übers. von Joh. Tob.

§. 43.

Noch werde bemerkt, daß man vermittelst des Mondringes und der Neigung desselben gegen die Erdbahn (es sey die Erdkugel Nr. 3. auf der gehörig gerichteten schrägen Axe aufgesteckt) deutlich zeigen kann: a) warum während jedes Monats die Meridianhöhe des Mondes so veränderlich ist; b) warum der volle Mond bey uns in den kurzen Sommernächten die niedrigen Gegenden des mittägigen Himmels eben so, wie die Sonne in den kurzen Wintertagen durchwandert; warum er hingegen in den langen Winternächten eben so hoch am Himmel herauf komme und so lange über dem Horizont verweilt, wie die Sonne in den langen Sommertagen *) (man führe die Erde, mit stets parallel bleibender Lage ihrer Axe, um die Sonne, und vergleiche, mittelst des nach S. 31. eingeschlagenen Stiftes, in den Sommer- und Winterpunkten ꝛc. den Stand, den die Sonne am Tage und der Mond des Nachts gegen den Stift, während des Umdrehens der Erde, annimmt ꝛc.); 3)warum der Mond den Bewohnern um den Nordpol zur Zeit ihrer langen Winternacht während der Hälfte eines jeden Umlaufs in einem fort sichtbar bleibt und dadurch die lange Abwesenheit der Sonne ersetzen hilft u. s. w.

§. 44.

Schlußbemerkung.

Um auch das bloße Tellurium noch gemeinnützlicher zu machen, ist die Einrichtung getroffen worden, daß sowohl der Mondarm als der Mondring sich um den Aufsatz L, nämlich um v′ w′, legen lassen, um dadurch die Bewegungen und die vorzüglichsten Erscheinungen eines untern

Mayer. Nürnb. 1789 in 4., wo von der Vorrichtung zur Veranschaulichung der Sonnen- und Mondfinsternisse und deren Gebrauche auf anderthalber Quartseite gehandelt wird.

*) Man sehe Bode's Anleit. z. K. d. gest. H. III. Abtheil. 2. Abschnitt „der Mondlauf mit dem Sonnenlauf verglichen.“

Planeten, nämlich des Merkurs oder der Venus, darzustellen, wozu jedem Tellurio noch der Reifen No. 6. beygegeben ist. Die nöthige Gebrauchsanleitung wird unten (§. 55 bis 57.) gegeben.

Zweyter Abschnitt.

Das vollständigere und mit dem Solarium verbundene Tellurium, §. 45 bis 53.

---

§. 45.

Dieses Werkzeug ist in der Hauptsache eben so beschaffen, wie das vorbeschriebene einfachere Tellurium. Nur gehören dazu, außer der Vorrichtung für das Solarium, noch einige, zur vollständigern Darstellung des Erd- und Mondlaufs dienende, Theile, deren Beschaffenheit und Gebrauch zuerst kürzlich beschrieben werden soll.

§. 46.

1) Die Vorrichtung Fig. 15. Sie soll der Sonnenstrahl-Träger heißen. a ist ein senkrechtes Säulchen, das von e bis f in ein Schraubengewinde ausläuft und oben mit einem geschlitzten Röhrchen h versehen ist, in welchem sich ein Drath cd, der bey c ein Hornknöpfchen hat, horizontal hin und her schieben läßt. Der Drath stellt einen Sonnenstrahl vor, der vom Mittelpunkte der Sonne kommt und mit dem einen Ende c oder d auf den jedesmaligen Punkt der Erdoberfläche hinweiset, über welchem die Sonne

senkrecht steht. Wenn man die Flügelschraube h abgewunden hat, steckt man den Theil g f des Gewindes durch das bey a' (Fig. 1.) angebrachte Loch, setzt dann die Schraube h wieder an und windet die Scheibenschraube g soweit herab, daß der Träger a auf dem Erdarme G F zwischen beyden Schrauben g und h festaufsitzt. Es muß aber der Sonnenstrahl c d immer genau zwischen den Mittelpunkten der Sonne und der Erde liegen und dieser letztern mit dem einen Ende ziemlich nahe gebracht werden. Zu dem Ende kann man den Träger a vermittelst der Schrauben g und h nicht nur nach Erfordern erhöhen oder vertiefen, sondern auch durch ein geringes Lüften die Schraube h nebst der Röhre b links und rechts wenden; auch läßt er sich in dem breitgestochenen Loche a' selbst ein wenig verrücken.

§. 47.

Der Strahl c d thut bey vielen der oben von §. 13. an beschriebenen Operationen sehr nützliche Dienste. So zeigt er z. B., wenn man ihn nach §. 13. mit der Spitze d nahe an den Horizontreifen (§. 49.) bringt, das stete Verweilen der Sonne im Aequator bey der dort angenommenen senkrechten Stellung der Erdaxe; dagegen nach §. 15 u. 16. die wegen der schrägen Lage dieser Axe bald nördliche, bald südliche Abweichung der Sonne vom Aequator, den für uns bald hohen, bald tiefen mittägigen Stand derselben (wobey der Gebrauch des nach §. 19. einzuschlagenden Stifts zuzuziehen ist) u. s. w.; besonders aber, wenn man genau beobachtet, was in §. 14 und 15. gefordert wird, die Entstehung der Ekliptik auf der Erdkugel und die Abwechselung der Jahres- und Tageszeiten (§. 17.). Man richte das Kügelchen c, als ein Bild der gegen die Erdfläche nur klein erscheinenden Sonne, auf 0° ♈ der nach §. 15. gestellten Erdkugel, so wird man sehen, wie während des Umlaufs der Erde die Sonne nach und nach die ganze auf der Kugel gezeichnete und der Fläche des Tisches parallel liegende Ekliptik durchläuft, wie also das Kügelchen c alle die nördlichen

und südlichen Parallelen anzeigt, in welchen vermöge der Rotation der Erde die Sonne von Tag zu Tage scheinbar um die Erde geht u. s. w. — Auch bey §. 20 und 21., ingl. bey Erklärung des Mondlaufs nach §. 27. ff. (wo aber der Stift cd in der Röhre b so weit zurückgeschoben werden muß, daß das Knöpfchen c nicht ganz bis an den Mondarm oder den Mondring reicht), namentlich zur Beurtheilung des Mondstandes bey Sonnenfinsternissen (§. 38. ff.) oder der Neumonde, die keine Finsternisse bringen können ꝛc., ist der Sonnenstrahl mit Nutzen zu gebrauchen.

§. 48.

2) Die Vorrichtung Fig. 16. Auf die Erdaxe hm wird unterhalb der Erdkugel T (Nr. 1. der Kugeln) die in zweymal 12 Stunden (auch in halbe und Viertelst.) eingetheilte Scheibe ab mit dem daran gelötheten Röhrchen c, welches durch die Schraube d fest angedrückt werden kann, eingeschoben. Oberhalb jener Stundenscheibe wird das kleine Röhrchen e mit dem Zeiger z auf die Axe gebracht, dann aber die Erdkugel T am Südpole in das obere Ende g des Röhrchens eingesteckt, so daß sie auf dem Rändchen f aufsitzt. Da der Theil g etwas streng in der Kugel steckt, so drehet sich während der Rotation der letztern das ganze, auf der Scheibe a b unten ruhende, Röhrchen nebst dem Zeiger z um die Erdaxe und dieser durchläuft alle 24 Stunden der unter ihm befindlichen Scheibe. — Vermittelst dieser Vorrichtung kann man, wenn die 12te Stunde der Scheibe immer nach der Sonne oder dem Strahle cd (Fig. 15.) hingerichtet ist, z. B. die Zeit des Auf- und Untergangs und den Augenblick der Culmination der Sonne ꝛc., den Unterschied zwischen dem Stern- und Sonnentage (§. 19.) u. dergl. deutlich darstellen.

§. 49.

3) Der Horizontreifen mit dem Meridian. Jener enthält die 4 Hauptgegenden, mit O, W, S, N,

und die 4 dazwischen liegenden Gegenden (als Südost ꝛc.), nur durch ein Sternchen bezeichnet. Auf dem innern Rande bey den Punkten S und N steht senkrecht ein Halbkreis von viel geringerer Breite, der einen Verticalkreis (A. LB. §. 9.), zugleich aber auch den obern Meridian (ebend. S. 15.) vorstellt. Er endigt sich oben, oder 90° von S und N, in eine Spitze, als das Zenith des Beobachtungsortes. Unterhalb dieser Spitze geht ein halber Kreisbogen von Drath nach dem innern Rande des Horizontreifens bey O und W, der also auf beyden Seiten mit dem Meridian rechte Winkel macht, ebenfalls senkrecht auf der Horizontalfläche steht und den von Ost nach West gehenden Verticalkreis bedeutet. Die ganze Vorrichtung paßt auf die eingetheilte Erdkugel Nr. 1., auf der sie überall so aufliegt, daß der Horizont die Kugel in zwey gleiche Hälften (die obere u. untere) abtheilt. Der Meridian muß aber allemal so liegen, daß er über den Pol geht.

Man braucht diese Vorrichtung zu den Darstellungen in §. 10*, besonders unter d, statt des dort beschriebenen einfachern Blechreifens; zu §. 13. 16. 17. 20. u. m. a. Wie sie in Verbindung mit dem Sonnenstrahl (§. 46.) und der Stundenscheibe (§. 48.) zur Veranschaulichung der während der 4 Jahreszeiten für die Horizontalfläche irgend eines Ortes sich ereignenden Phänomene diene, soll an dem Beyspiele der Leipziger Polhöhe (§. 15. Anm.) gezeigt werden. Man lege also den Horizontreifen so um die Erdkugel, daß die Zenithspitze des Meridians genau über dem 51sten Grade nördlicher Breite liege. *) Auf diese Art wird Leipzig auf der Kugel überall 90° von dem Reifen abstehen und solcher demnach den wahren mathemathischen Horizont dieses Orts vorstellen. Alles Uebrige ordne man nach §. 14 bis 17. und lasse die Erde vom Frühlingspunkte aus ihren Lauf

*) Ein bey dem Nordpol, und ein anderer beym Aequator dicht neben dem Meridian eingesetzter Stift zeigt in dieser Lage des Horizontreifens zugleich augenscheinlich die Höhe des Pols und des Aequators (vergl. S. 10.) für Leipzig.

machen. Während dieses Umlaufs wird man mit Augen sehen: a) daß die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche allen Erdbewohnern im wahren Osten auf- und im wahren Westen untergeht (dieß zeigt sehr deutlich die Spitze des Strahles c d Fig. 15., indem sie den genannten Punkten beym Auf- und Untergange der Sonne auf dem Horizontreifen entspricht); — b) daß, wenn die Sonne in die Meridianfläche kommt, oder wenn der Strahl c d sich in der Ebene des schwachen Meridianringes befindet, sie alsdann zu der Zeit, da sie im Aequator steht, über der Horizontalfläche um die Aequatorhöhe erhoben seyn wird. Wenn man bey dieser Lage die Stundenscheibe so drehet, daß der Weiser Mittag zeiget; so wird er beym Auf- und Untergange der Sonne auf 6 Uhr stehen, zum Beweise, daß um diese Zeit die Sonne alsdann allen Bewohnern der Erde um 6 Uhr Morgens auf- und um 6 Uhr Ab. untergeht. Die Sonne wird also überall so lange über als unter dem Horizonte verweilen, und die Tiefe, die sie an dem Tage unter dem Horizonte erreicht, wird der Höhe gleich seyn, die sie über dem H. hatte. — Man wird c) sehen, daß, so wie die Erde in ihrer Bahn fortrückt, die Sonne immer weiter vom wahren Osten nach Norden zu aufgeht, und eben so nordwärts vom wahren Westen untergeht; daß sie also von Tag zu Tage früher als um 6 Uhr aufgehen und später als um 6 Uhr Abends untergehen wird; daß ferner ihre Mittagshöhe immer mehr und mehr wächst, und ihre Erniedrigung unter dem Horizonte eben so abnimmt, bis sie den Sommerstillstandspunkt erreicht haben wird, da alsdann ihre Auf- und Untergangspunkte am weitesten nach Norden gerückt, oder die Morgen- und Abendweiten am größten seyn werden. Die Sonne wird alsdann auch am frühesten auf- und am spätesten untergehen, d. h. die Bewohner der nördlichen Halbkugel haben um diese Zeit den längsten Tag und die kürzeste Nacht, die Bewohner der südlichen das Gegentheil. Die Höhe, die die Sonne zu Mittage, und die Tiefe, die sie unter dem Horizonte um Mitternacht

erreicht, haben dann ihre äußersten Grenzen. *) — Es werden d) alle unter c erwähnten Phänomene vom Sommersolstitium bis zur Herbstnachtgleiche wieder in eben der Maße abnehmen, so daß, wenn die Sonne von der Erde aus in o° ♎ erscheint, alles wieder in dem Zustande Nr. a. und b sich befinden wird. — e) Von der Herbstnachtgleiche bis zum Wintersolstitium wird die Sonne für Leipzig, oder für jeden andern Ort in der nördlichen Halbkugel, zwischen Osten und Westen, und zwar immer später nach 6 Uhr Morgens auf- und zwischen Westen und Süden früher als um 6 Uhr Abends untergehen; auch wird ihre Mittagshöhe von Tag zu Tage ab-, hingegen ihre Erniedrigung unter dem Horizonte zunehmen, bis die Sonne in den Winterstillstandspunkt gerückt seyn wird, da dann Mittagshöhe und Tiefe unter dem Horizonte um Mitternacht sich umgekehrt wie in Nr. c. verhalten werden. — Endlich wird man f) wahrnehmen, daß, indem vom Winterstillstande bis zur Frühlingsnachtgleiche die südliche Abweichung der Sonne abnimmt, alle Erscheinungen sich nun eben so rückwärts ereignen werden, wie sie unter e aufgeführt sind, bis mit dem Eintritt der Sonne in o° ♈ alles wieder in die vorige Ordnung (Nr. a.) zurückgekehrt seyn, und der Kreislauf aller genannten Phänomene von Neuem beginnen wird.

Mit gleicher Leichtigkeit läßt sich die Abweichung, die in Hinsicht dieser Erscheinungen an verschiedenen, theils in der nördlichen, theils in der südlichen Halbkugel liegenden Orten Statt findet, veranschaulichen, wenn man den Zenithpunkt des Meridians immer genau über die nördliche oder südliche Breite des gegebenen Ortes bringt; welche Darstellungen selbst denen, die dadurch nichts Neues lernen, Vergnügen machen werden. — Auch kann man überhaupt

*) Erstere wird aus der Summe der Aequatorhöhe, oder des Complements der Polhöhe, und der größten nördlichen Abweichung der Sonne, letztere aus dem Unterschiede der erwähnten Größen bestehen.

das, was man unter den dreyerley Sphären versteht (für die gerade bringt man das Zenithspitzchen über den Aequator, für die parallele über den Pol), und viele andere interessante Gegenstände der mathematischen Geographie *) durch dieselbe Vorrichtung ganz vortrefflich versinnlichen.

Das Solarium.

§. 50.

Man nimmt den Aufsatz L (Fig. 1.) nebst der Sonnenkugel S weg und schraubt dafür den Aufsatz a b c (Fig. 17.), der keinen vorstoßenden Rand über der Schraube f hat, bis auf die untere Fläche a b ein, nachdem man den Reifen No. 2. (gleichlaufend mit No. 1., nach §. 14.) um x y gelegt hat. c d e n ist die aus einem Stücke gearbeitete Sonnenaxe, nämlich d e n = $82\frac{1}{2}°$ der Winkel, unter dem die Rotationsaxe der Sonnenkugel g s h n (zu der man Nr. 2. der Kugeln nimmt; zu ihrer Unterstützung bringt man die Hülse k in Fig. 3. zwischen e und s der Sonnenaxe) gegen die Ekliptik geneigt ist. Die Neigung des Sonnenäquators g h gegen die Fläche der Erdbahn beträgt also $7\frac{1}{2}°$ (A. LB. §. 128 u. 129.). — Man richtet die Axe e n, dadurch daß man dieselbe, oder den Aufsatz a b c ein wenig rechts oder links drehet, so, daß der Nordpol n über dem 10ten Grade der Fische, und der Südpol s über dem 10ten Grade der Jungfrau, oder daß eine durch n e d in Gedanken gelegte Ebene mit n über 10° ♓ und mit s über 10° ♍, die Durchschnittspunkte aber des Sonnenäquators mit der Ekliptik über 10° ♊ und ♐ zu liegen kommen; wodurch die unverrückt nach einerley

*) Hierzu muß man z. B. Walch's ausführl. mathem. Geographie (ein eben so faßlich als gründlich geschriebenes Werk), oder Bode's Anleitung zur physischen, mathemat. und astron. Kenntniß der Erdkugel ꝛc. zu Rathe ziehen.

Gegend des Himmels gerichtet bleibende Axe und der Aequator der Sonne ihre richtige, mit der Wirklichkeit übereinstimmende Lage erhalten.

§. 51.

Rotation der Sonne. Zeichnet man auf einem oder dem andern der um die Sonnenkugel C (Fig. 17.) gezogenen Parallelen i k, m p (sie schließen ungefähr die Zone ein, innerhalb deren die Sonnenflecken gemeiniglich beobachtet werden) mit Kreide oder aufgeklebten Stückchen dunkeln Papiers einige längliche Sonnenflecken, so wird man, bey langsamer Umdrehung der Kugel in der Richtung von Ost nach West (nämlich von der Erde *) aus gesehen) bemerken, wie alle die im A. LB. §. 128. angeführten Erscheinungen, z. B. das Sichtbarwerden der Flecken am östlichen und deren Verschwinden am westlichen Rande, das länglichere Ansehen und die schnellere Bewegung derselben in der Mitte als nach den Rändern der Sonne hin ꝛc., unter Voraussetzung einer Umdrehungsbewegung, die heliocentrisch von Abend nach Morgen geht, nothwendig sich zeigen müssen, und wie hinwiederum durch diese Erscheinungen die Richtigkeit jener Annahme bestätigt wird.

§. 52.

Man richte einen in der Mitte der Sonne befindlichen Flecken nach dem Mittelpunkte der Erde, oder nach dem Knöpfchen c des aufgesteckten Strahls c d (Fig. 15.) und führe dann die Erde auf ihrer Bahn ein Stückchen weiter. Dreht man hierauf die Sonnenkugel um ihre Axe,

*) Wird diese Demonstration bey Tage vorgenommen, so kann man zur Erde T (Fig. 1.) die Kugel Nr. 3. auf die senkrechte Axe stecken; wird hingegen Licht gebraucht, so schraube man den Aufsatz L, statt W, über V nebst dem Holzstück Fig. 9. ein und zünde das darauf gesetzte Lämpchen an, welches dann die Stelle der Erde einnimmt und das nöthige Licht nach der Sonnenkugel hinwirft. Die Schnur X ist hierbey unnöthig.

bis der Flecken wieder in dieselbe Lage gegen einen vorher bemerkten Punkt einer gegenüber liegenden Wand ꝛc. (er bedeute einen gewissen Fixstern) gekommen ist; so wird man finden, daß, ob er jetzt gleich einen wahren Umlauf (heliocentrische Rotationsperiode der Sonne; sie beträgt $25\frac{1}{2}$ T.) vollendet hat, er doch noch nicht wieder mit dem Knöpfchen c in einer geraden Linie liegt, also, von der Erde aus betrachtet, noch nicht wieder in der Mitte der Sonne erscheint; daß man daher, um letzteres zu bewirken, die Sonnenkugel noch etwas weiter nach Westen drehen muß, wodurch die uneigentliche oder geocentrische Umdrehungszeit der Sonne (sie beträgt $27\frac{1}{2}$ T.), während welcher die Erde beynahe ein ganzes Zeichen durchlaufen hat, entsteht.

§. 53.

Die Sonnenaxe sey nach §. 50. gerichtet. Man stelle die Erde auf ihrer Bahn, vermittelst des Zeigers z (Fig. 1.), dahin, wo der Monat Juni anfängt und lasse sie von da aus um die Sonne gehen. Die hierdurch in Ansehung der Lage der Sonnenaxe und der Bewegung der Sonnenflecken sich darstellenden Erscheinungen sind folgende: a) Um den Anfang des Juni, wenn die Erde in 10° ♐, die Sonne in 10° ♊ steht, liegen deren Pole n und s (Fig. 17.) westlich und östlich oben und unten an dem Rande, und die Flecken beschreiben von der Linken zur Rechten südlich unter die Ekliptik herabgehende gerade Linien auf dem Aequator g h, dessen erweiterte Fläche durch unser Auge geht, oder seinen Parallelen m p, i k. — Rückt b) die Erde im Juni und Juli durch ♑ und ♒, die Sonne durch ♋ und ♌, so wird der Südpol der Sonne unsichtbar und der Nordpol tritt weiter vom Rande hervor in die diesseitige Halbkugel; der Aequator und seine Parallelen krümmen sich unter die Ekliptik nach Süden herab; die Flecken bewegen sich also in elliptischen Bogen, deren Krümmnung nach Süden zu gerichtet und in den ersten Tagen des September, da die Erde in 10° ♓,

die Sonne in 10° ♍ steht, am stärksten ist (s. Fig. 18.). — Geht die Erde c) im September und October durch ♈ und ♉, so nimmt diese Krümmung wieder ab. Zu Anfange des December, wo die Sonne in 10° ♐ erscheint, rücken die Flecken abermals in geraden Linien, und zwar von Süden nach Norden über die Ekliptik hinauf (s. Fig. 19.), da die Ebene des Sonnenäquators zum zweytenmal durch unser Auge geht und beyde Pole am Rande liegen ꝛc. — Nun fangen, indem die Sonne durch ♐, ♑ u. s. w. wandert, und deren Nordpol verschwindet, der Südpol aber weiter vom Rande hervortritt, die Bahnen der Flecken an sich wieder in elliptische Bogen zu verwandeln, deren Krümmung nach Norden gekehrt (Fig. 20.) und zu Anfange des März am größten ist, weiterhin aber und bis in den May wieder abnimmt ꝛc. — Alle diese Erscheinungen beobachtet man wirklich an der Sonne, zum Beweise, daß die vorausgesetzte Lage ihrer Axe ꝛc. (§. 50.) die richtige ist.

Dritter Abschnitt.

Das Planetarium, §. 54 bis 64.

---

§. 54.

Dieses Werkzeug ist nur eine Erweiterung des bisher beschriebenen vollständigen Telluriums, indem es einige Zusätze zu diesem letztern enthält, durch welche das Wesentlichste der planetarischen Bewegungen überhaupt, oder die wichtigsten Erscheinungen des Planetenlaufs veranschaulicht werden. Das übrige wird sich hieraus von selbst entwickeln, oder muß durch den Gebrauch astronomischer Schriften, z. B.

meines Lehrbuchs ꝛc. und anderer Hülfsmittel (s. die Vorrede) ergänzt werden. Die nun folgenden kurzen Andeutungen setzen daher die Bekanntschaft mit den vorzüglichsten Elementen des Planetensystems, oder doch die Zuziehung eines populären Werkes voraus und werden um so leichter verstanden werden, je genauer man sich mit den bisherigen Darstellungen bekannt gemacht haben wird.

Untere Planeten, §. 55 bis 57.

(A. LB. §. 103 bis 108.)

§. 55.

Man schraube den Aufsatz p c (Fig. 21.) vermittelst der Schraube p über K (Fig. 1.) bis an i i ein, indem man ihn bey a a oder b b anfaßt. An die drey beweglichen Scheiben d d, e e, g g sind die horizontalen Arme d e, e f, g h befestiget, welche auf senkrechten Stiften den Merkur m, die Venus (über f) und die Erde t, oder die Kugeln Nr. 6. 4 und 3 tragen. Letztere werden durch kleine verschiebbare Hülsen, wie q unter t, so hoch gestellt, daß ihre Mittelpunkte mit der Lichtflamme s der über b b aufgesteckten Lampe c in einer geraden Linie liegen. Die aufgesteckten Kugeln haben ungefähr ihre verhältnißmäßigen Entfernungen von der Sonne S. Will man die Excentricität der Bahnen dieser Planeten einigermaßen versinnlichen, so stecke man den Zapfen der Lampe c in das seitwärts befindliche Loch bey O; doch kommt hierauf für unsern Zweck nichts an. — Der Aufsatz W über V (Fig. 1.) wird vor der Hand ganz weggenommen.

§. 56.

Um den Stand der untern Planeten ☿ und ♀ (Merkur und Venus) mit dem der ♁ (Erde) an irgend einem Tage, nach der Angabe der astron. Ephemeriden, zu vergleichen, bediene man sich des über K (Fig. 1.) aufgelegten Reifens No. 2. Um aber den Lauf des ☿ und der ♀

im allgemeinen mit dem der ☿ zu vergleichen, nehme man den in drey besondere Streifen abgetheilten Reifen No. 6. Auf die darauf befindlichen Zahlen ꝛc. richtet man die Arme de, ef, gh (Fig. 21.) so, daß sie von diesen, wenn das Auge senkrecht über dieselben gehalten wird, verdeckt werden. Merkur vollendet seinen siderischen Umlauf um die Sonne (oder kommt von ☿ bis ☿ in der Fig. zurück) in 88 Tagen. Während desselben läuft die Erde nur von ☿ bis a, dann von a bis b und so fort bis h u. s. w., welches, wenn ihr tägliches Fortrücken = 59′ $8\frac{3}{10}$″ ist, allemal 86° $44\frac{6}{10}$′ ausmacht. — Während ☿ den 2ten Umlauf macht, holt er die Erde bey A ☌ (dieses letztere Zeichen steht in dem innersten und mittlern Streifen immer unter den in dem äußersten angegebenen großen Buchstaben und Zahlen) ein, oder die ☿ kommt hier abermals mit dem ☿ in Conjunction; welches folglich in 88 + 28 = 116 Tagen, nach dem die Erde noch 27° $33\frac{1}{2}$′ über obige 86° ꝛc. zurückgelegt hat, geschieht. Dieß ist der synodische Umlauf des ☿. In B, C, D, E u. s. f. ist abermals einer vollendet. Diese Conjunctionen fallen also nach und nach in andere Punkte des Thierkreises, und erst nach 40 ☌☌, etwa in 13 Jahren und 1 bis 2 Tagen, kehren sie an die zuerst angenommene Stelle, z. B. dahin zurück, wo in der Figur die Zeichen ☿ und ☿ unter einander stehen.

Venus vollführt ihren sid. Umlauf in $224\frac{2}{3}$ (kurz in 225) Tagen, in welcher Zeit die Erde durch 221° 45′ $47\frac{1}{2}$″ (= 2. 90° + 41° 45′ $47\frac{1}{2}$″), also von ☿ bis 1 und so fort von 1 bis 2, von 2 bis 3 u. s. w. läuft. — Während Venus den 3ten Umlauf macht, kommt die Erde, die indeß nur einen vollendet oder 360° zurückgelegt hat, am 219ten Tage nach dem Jahre, oder nachdem sie 360° + 215° 32′ beschrieben hat, mit ♀ bey I zum erstenmal, hierauf nach gleichen Zeiträumen von 584 Tagen bey II u. s. f. bis V u. s. w. wieder in ☌. Synodischer Umlauf der ♀. — Nach dem 5ten synod. Umlaufe, oder nach 8 Jahren weniger 2 Tagen steht die Erde mit der

Venus wieder in demselben Punkte des Himmels, oder Venus und Sonne befinden sich, von der Erde aus betrachtet, wieder an derselben Stelle des Thierkreises.

§. 57.

Warum ☿ und ♀ immer nur in der Nähe der Sonne, Morgens oder Abends (östliche und westliche Digressionen derselben; A. LB. §. 103 und 106.) gesehen werden; warum sie, obgleich ihr Lauf, gleich dem aller Planeten und Trabanten, von Abend nach Morgen gerichtet ist, bald rechtbald rückläufig ꝛc. erscheinen (ebend. und §. 154. a.); warum sie während eines synodischen Umlaufs zweymal in Conjunction mit der Sonne (untere und obere ☌) kommen und sich dem bewaffneten Auge in verschiedenen, dem Mondwechsel ähnlichen, Lichtgestalten zeigen; dieß und mehreres Andere läßt sich leicht durch die beschriebene Vorrichtung (§. 55.) veranschaulichen. Die Neigung ihrer Bahnen aber ꝛc. wird durch zwey Ringe, und zwar für die ♀ durch den Mondring *) (Fig. 7 und 8.; vergl. §. 23 und 37.) und für den ☿ durch einen verhältnißmäßig kleinern vorgestellt. Die Scheiben a (Fig. 8.), an welchen die Ringträger befestiget sind, werden über einander (die für den ☿ zuoberst) um c c des Aufsatzes Fig. 22., welcher auf K (Fig. 1.) bis an den untern Rand a b eingeschraubt und oben bey O mit dem Lämpchen versehen wird, gelegt. Statt der Erde steckt man über V auf der senkrechten Axe etwa die kleine Kugel Nr. 5., in gleicher Höhe mit der Lichtflamme und den Knöpfchen g und h (Fig. 8.) auf**)

*) Nicht nur die Kosten- sondern auch die Raumersparniß macht diesen doppelten Gebrauch eines und desselben Ringes an den Planetarien nothwendig. Ein Venusring von dem verhältnißmäßigen Halbmesser e f (Fig. 21.) würde ein ungleich breiteres Kistchen zum Versenden der Maschinen erfordern; oder der Ring würde zu sehr zusammengedrückt werden müssen.

**) Die im Verhältnisse der Abstände des ☿ und der ♀ zu große Entfernung der Erdkugel von der Sonne (dem Lichtflämmchen) thut hier ebenfalls keinen Schaden.

Bringt man die in g und h eingelassenen Ringe zuerst in eine Ebene und zwar in eine mit der Fläche des Tisches parallele Lage, so fallen die Bahnen des ☿ und der ♀ mit der Ekliptik oder der Fläche der Erdbahn zusammen; es werden also beyde Planeten in jeder untern ☌ vor der Sonne vorübergehen oder in der Sonnenscheibe gesehen werden (Durchgänge des ☿ und der ♀; A. LB. §. 107.) Letzteres geschieht indeß nur selten, weil die Bahn des ☿ unter einem Winkel von 7° = fce' oder dce (Fig. 23., wo ee' die Ekliptik bedeutet) und die Bahn der ♀ unter dem W. von kaum $3\frac{1}{2}$° = bce' oder ace gegen die Erdbahn geneigt ist. Man muß aber die Ringe, wegen ihres geringen Durchmessers, noch etwas schräger stellen, den des ☿ etwa nach Fig. 12. und den der ♀ nach Fig. 11. (vergl. §. 37. Anm.) Ist dieß geschehen, so richte man den einen, oben mit dem Schräubchen i versehenen, Arm bc (Fig. 8.) des Ringträgers des ☿ über 16° ♉ des Reifens No. 2., und den der ♀ über 15° ♊; denn dort liegt, aus der Sonne betrachtet, der ☊ des ☿ (man lasse also, von der Sonne aus gesehen, jeden der beyden Ringe von dem Knöpfchen h aus nach der Linken hin aufwärts steigen), hier der ☊ der ♀ *). Da die Knotenlinie beyder Planeten (die Linie zwischen g und h) sich nicht verrückt, so sieht man, wenn die Erde um die Sonne geführt wird (der aufgesteckte und mit dem Knöpfchen c nach der Sonne gerichtete Strahl cd, Fig. 15., ist hierbey sehr nützlich), mit Augen: wie die Erde jährlich nur zweymal in die Verlängerung jener Knotenlinie tritt und wie die Bahnen des ☿ und der ♀ in den Zwischenzeiten entweder südlich oder nördlich unter und über der Fläche der Erdbahn liegen; daß ☿ und ♀ nicht in jeder untern ☌ in der Sonne erscheinen können **),

*) Der ☋ des ☿ fällt also in 16° ♍, der ☋ der ♀ in 15° ♐.

**) Ein Durchgang ist überhaupt nur dann möglich, wenn die geocentrische Breite des ☿ und der ♀ bey ihrer untern ☌ geringer ist als der Halbmesser der Sonnenscheibe. Dieß ist aber nur dann der

sondern meistentheils über oder unter derselben vorbey gehen müssen; warum die Durchgänge des ☿ immer in die Monate May oder November, die der ♀ immer in den Juni oder December fallen; warum zwischen zwey Durchgängen der ♀ wenigstens 8 Jahre verfließen (vergl. §. 56. am Ende) u. s. w. S. A. LB. S. 154.

Obere Planeten, §. 58 bis 64.

(A. LB. §. 109. ff.)

§. 58.

Jenseits der Erde laufen Mars ♂, die 4 neu entdeckten Planeten Vesta ⚳, Juno ⚵, Ceres ⚳ und Pallas ⚴, Jupiter ♃, Saturnus ♄ und Uranus ♅ in immer weitern Bahnen und größern Perioden von Abend nach Morgen um die Sonne. Diese Planeten, obere genannt, schließen also mit ihren Bahnen die Erdbahn ein. — Man gebrauche die Vorrichtung Fig. 21. (nach §. 55.) und schraube zugleich über W (Fig. 1.) die senkrechte Axe (Fig. 4.) ein. Auf diese bringe man die Kugel Nr. 5., welche den ♂ in seiner verhältnißmäßigen Größe zu den Kugeln Nr. 6, 4 und 3 (☿, ♀, ♁) ungefähr vorstellt. An der Stelle des Mars kann man auch irgend einen andern der obern Planeten (wozu freylich die Kugeln nicht alle das gehörige Verhältniß haben, da z. B. Jupiter über 1400 mal größer ist als die Erde) annehmen und nun die Umlaufszeit, die tägliche oder monatliche Stellung ꝛc. eines jeden mit den Umlaufszeiten und Stellungen der Erde und der untern Planeten, mit Hülfe der eingetheilten Reifen No. 1, 2 und 6., Fall, wenn ☿ nicht über $3\frac{1}{2}°$ und ♀ nicht über 1° 49′ heliocentrisch vom Knoten ihrer Bahnen entfernt sind. Die Grenzen der Durchgänge sind also von sehr geringer Ausdehnung. — Uebrigens geschieht das Vorübergehen vor der Sonnenscheibe allemal von der Linken zur Rechten (von O nach W); denn ☿ und ♀ sind in der untern ♂ rückläufig.

vergleichen. — Daß die obern Planeten nur von der Sonne aus betrachtet immer nach einerley Richtung laufen, von der Erde aus gesehen aber bald vor-, bald rückwärts sich bewegen (A. LB. §. 109. bis 111.) ꝛc.; daß sie in Absicht der Sonne jeden möglichen Abstand annehmen, also bald mit ihr in ☌, bald in ☍, bald in den Quadraturen ꝛc. stehen; daß sie in der ☍, wo sie die ganze Nacht hindurch gesehen werden, der Erde am nächsten, in der ☌, wo sie unsichtbar sind, am weitesten, oder so viel weiter, als der Durchmesser der Erdbahn beträgt, von ihr entfernt sind; daß sie in der ☌ nie vor der Sonne vorübergehen können; dieß und vieles Andere läßt sich augenscheinlich zeigen.

Die Neigung einer jeden obern Planetenbahn kann man leicht versinnlichen, wenn man dazu den Venusring (§. 57.) gebraucht und die Erdbahn oder die Ekliptik durch den mit der Fläche des Tisches parallel gestellten Merkursring (ebend.) vorstellt. Es sind aber jene Neigungen bey den ältern Planeten sehr gering (viel geringer wie bey ☿ und ♀, nach Fig. 23.), nämlich beym Mars $= 1^{\circ}\ 51'$, beym Jupiter $= 1^{\circ}\ 19'$, beym Saturnus $= 2\frac{1}{2}^{\circ}$, beym Uranus nur $46\frac{1}{2}'$ (noch nicht 1°). Daraus läßt sich anschaulich zeigen, warum alle die genannten Planeten sich nie weit von der scheinbaren Ekliptik am Himmel entfernen und die nicht allzubreite Zone des uralten Thierkreises (S. 13.) nie überschreiten. Daß letzteres aber von den 4 neuen Planeten, mit alleiniger Ausnahme der Vesta, deren Bahn mit der Merkursbahn eine fast gleiche Neigung hat (A. LB. S. 267.), geschieht, läßt sich mit gleicher Leichtigkeit darstellen, wenn man dem Venusring nach und nach die in Fig. 24., wo ee' wieder die Ekliptik ist, gezeichneten Neigungen (nämlich für Ceres $10\frac{1}{2}^{\circ}$, für Juno 13°, für Pallas $34\frac{1}{2}^{\circ}$) giebt; wozu man sich ebenfalls des oben bemerkten Hülfsmittels (§. 37. Anm.), nach Fig. 25 bis 28., bedient. — Der heliocentrische Ort oder die Länge des ☊ (dadurch überhaupt die Lage der Knotenlinie) jeder Bahn wird sichtbar, wenn man den Arm bc

(Fig. 8.) über dem Reifen No. 2. dahin richtet (vergl. §. 57.), wo dieser Ort wirklich liegt, nämlich für den ♂ auf 18° ♉, für die ♁ auf 13° ♋, für ☿ und ♃ auf 21 und 22° ♍, für die ♀ auf 21° ♊, für den ♃ auf 8° ♋, für den ♄ auf 22° ♋, für den ☉ auf 13° ♊.

Es sollen nun noch die Vorrichtungen für zwey der interessantesten Erscheinungen im Sonnensystem, nämlich a) für die Bewegungen der Jupitersmonde und b) für die Phänomene des Saturnusringes kürzlich erklärt werden.

§. 59.

Die Erscheinungen der Jupitertrabanten.

(A. LB. §. 115 bis 118.)

Hierzu wird der Aufsatz Fig. 29. (ähnlich dem in Fig. 21., nur daß oben über m keine Lampe aufgesetzt wird) gebraucht, indem man ihn beym obern Theile m anfaßt und vermittelst der Schraube k bis an ii über V (Fig. 1.) einschraubt. Die an die vier beweglichen Scheiben a, b, c, d befestigten horizontalen Arme e, f, g, h tragen auf den rechtwinkligt an den Enden aufwärtsgehenden Stiften vier elfenbeinerne Kügelchen 1 bis 4, als die Trabanten des ♃, nach ihren gehörigen Größenverhältnissen. Die beyden ersten Trabanten haben nämlich 564 und 465., der dritte (als der größte) 818 und der vierte (dem ersten ziemlich gleich) 570 Meilen im Durchmesser (A. LB. S. 294.). In den Entfernungen der Monde vom ♃, oder in den Längen der Aermchen ae, bf ꝛc. sind ebenfalls die wahren Verhältnisse beobachtet. Der erste Mond ist 55000, der 2te 87000, der 3te 140000, der 4te 245000 M. vom Mittelpunkte des ♃ entfernt. Diese Abstände verhalten sich also ungefähr wie 6, 9, 15, 26. — Zur Vorstellung des ♃, als des Centralkörpers der Bewegungen der Monde,

muß man aber freylich eine verhältnißmäßig viel zu kleine Kugel, etwa Nr. 4. nehmen, welche auf der über m einzuschraubenden senkrechten Axe (Fig. 4.) in gleicher Höhe mit den Trabanten angebracht wird. Die Erleuchtung kann vorerst durch die Glaskugel geschehen, um welche man die Erde (etwa das Kügelchen Nr. 6.) auf dem Mondarme (Fig. 6.), dessen Reifen a man unter den Aufsatz L (Fig. 1.) einschraubt, sich bewegen läßt. Daß die völlige Herumführung des Armes b c (Fig. 6.) um die Sonne durch den Lampenträger O (Fig. 1.) gehindert wird, ist ein ganz geringer Uebelstand, dem man durch das Rückwärtsverschieben des Armes, wenn man die Erde auf die andere Seite von O bringen will, augenblicklich abhelfen kann. — Durch Fortbewegung des Armes F F (Fig. 1.) und vermittelst des Zeigers z und des Reifens No. 1. kann man den Jupiter, und vermittelst des Zeigers z′ (Fig. 6.) und des um x y (Fig. 1.) gelegten Reifens No. 2. kann man die Erde an jeden gegebenen Ort des Thierkreises bringen. Ein gleiches läßt sich mit den Trabanten thun, wenn man den Reifen No. 2. um x′ y′ (Fig. 1.) legt. Da die Bahn des 24 nur wenig gegen die erweiterte Fläche der Erdbahn geneigt ist (§. 58.), und mit jener auch die Bahnen der Trabanten nur geringe Winkel *) machen; so bringt es der allgemeinen Darstellung der Sache keinen Nachtheil, daß die Bahn des 24 und seiner Monde an der Maschine als mit der Fläche der Erdbahn zusammenfallend vorgestellt ist.

§. 60.

Die Trabanten laufen, wie der Erdmond, von Abend nach Morgen um den Jupiter, der erste in 1 Tage 18½ St.,

*) Der Neigungswinkel beträgt beym 1. Trabanten 3⅓°, beym 2ten 3¾°, beym 3ten 3½°, beym 4ten 2½°, welche geringe Verschiedenheit macht, daß die Trabanten, von der Erde aus gesehen, sich fast immer in einer ziemlich geraden, durch den Mittelpunkt des 24 gehenden und mit der Ebene der Ekliptik nahe parallel liegenden Linie

der 2te in 3 T. 13 St., der 3te in 7 T. $3\frac{1}{2}$ St., der 4te in 16 T. $16\frac{1}{2}$ St. Während dieser Bewegungen beobachtet man (ein ganz mäßiges Fernrohr ist dazu hinlänglich) in der Wirklichkeit unter Andern Folgendes: a) die als flimmernde Punkte erscheinenden Trabanten ändern fortwährend ihren Ort und zeigen sich bald zur Rechten bald zur Linken des in ansehnlicher Scheibengestalt prangenden Hauptplaneten, indem sie sich ihm bald nähern, bald sich von ihm entfernen. b) Die größten westlichen Abstände (Digressionen) sind den größten östlichen bey einem und demselben Trabanten gleich, aber verschieden bey jedem. c) Die Linie, welche die Punkte der größten Abstände mit einander verbindet, geht mitten durch die Scheibe des 24 und ist der Ekliptik ziemlich parallel. d) Wenn sich die Trabanten von der Westseite her dem 24 nähern (also rechtläufig sind) verschwinden sie in geringem Abstande von ihm in dem Schatten, den er hinter sich wirft *), oder werden verfinstert, und erscheinen erst an der Ostseite wieder; sie setzen dann ihren Lauf östlich bis an eine bestimmte Grenze fort, kehren hierauf gegen Westen um (werden also rückläufig) und gehen vor der Scheibe des Planeten vorbey. — e) Ihre Bewegungen erscheinen ungleich, bald größer, bald kleiner, am schnellsten in der Nähe des 24 und fast unmerklich in der Nähe der Wendungspunkte u. s. w. (M. s. A. LB. §. 115 u. 116.). Alles dieß läßt sich an der Maschine vortrefflich nachahmen und deutlich versinnlichen.

hin und her bewegen. Doch beobachtet man auch häufig, daß der eine oder der andere Trabant sich bald ein wenig oberhalb, bald ein wenig unterhalb dieser Linie befindet.

*) An der Maschine kann man ihn durch ein hinter den 24 gehaltenes Stück Papier ꝛc. auffangen und sichtbar machen; in der Wirklichkeit läßt er sich, wenn gleich die vom Auge aus gezogenen Gesichtslinien auf ihn treffen, von dem ihn umgebenden Blau des Himmels nicht unterscheiden und kann nur durch das Verschwinden der Trabanten bemerklich werden.

§. 61.

Zur genauern Vergleichung der Bewegungen der Trabanten dient der Reifen No. 7., der aus vier concentrischen Streifen besteht, von denen der innerste dem Iten Trabanten, der nächstfolgende dem IIten ꝛc. angehört.

1) Vergleichung der Umlaufszeit des 2ten bis 4ten Trabanten mit der des ersten. Während dieser einmal von I bis wieder zu I herumkommt, also alle 360° des Umkreises vollendet, legt der IIte Trab. $168\frac{1}{10}°$, der IIIte $84\frac{1}{20}°$, der IVte nur $38\frac{1}{4}°$ zurück. Richtet man also die Linie des Reifens, auf welcher die Zahlen I bis IV übereinander stehen, nach der Sonne und die 4 Aermchen e, f ꝛc. (Fig. 29.) senkrecht über dieselbe, und läßt man hierauf den ersten Trab. einen vollen Umlauf machen, so kommt der 2te indessen von II bis A, der 3te und 4te von III bis A und IV bis A (man muß also das jedem Trabanten zugehörige Aermchen so weit fortschieben). Nach einem 2ten, 3ten ꝛc. Umlaufe des ersten Trab. kommt jeder der übrigen von A bis B, von B bis C u. s. w.

2) Vergleichung des Laufs der Trabanten in einem Tage oder 24 Stunden. — Der erste Trab. durchläuft in 24 St. $203\frac{1}{2}°$ ($= 180° + 23\frac{1}{2}°$), kommt also in dieser Zeit von I nach a, dann von a nach b, von b nach c ꝛc. — Der 2te Trab. rückt in 24 St. durch $101\frac{1}{3}°$ ($= 90° + 11\frac{1}{3}°$) *), der 3te durch $50\frac{1}{3}°$, der 4te durch $21\frac{1}{2}°$; jeder kommt also in dieser Zeit von II, III und IV nach a, dann von a nach b, von b nach c u. s. w.

3) Vergleichung des Laufs der Trabanten in einer Stunde. — a) Der erste Trab. durchläuft

*) Dadurch daß man sich die $203\frac{1}{2}°$ als $180° = 2$ mal $90° + 23\frac{1}{2}°$, oder als den halben Kreisumfang und etwas darüber, und so auch die $101°$ als $90° + 11°$ oder als das Viertel des Umkreises und etwas darüber denkt, erleichtert man sich das Auffinden der weit auseinander stehenden Zahlen a, b, c u. s. f.

in 1 St. $8\frac{1}{2}°$. Dieß ist von I aus durch die Zahlen 2, 4, 6 ff. und die dazwischen gesetzten Punkte angegeben. Hier und da sind (auch in den 3 übrigen Streifen) einige Zahlen weggelassen, um den Buchstaben Platz zu lassen oder diesen nicht zu nahe zu kommen, und durch Ueberladung der Zeichnung mit Zahlen und Buchstaben diese nicht zu unkenntlich zu machen. Man wird aber leicht die Stelle der fehlenden Zahlen bey einiger Uebung zu treffen wissen. — b) Der 2te Trab. durchläuft in 1 St. $4\frac{1}{4}°$. Dieß ist von II aus durch die Zahlen 6, 12, 18 ff. und durch dazwischen gesetzte Punkte angegeben. Halbirt man also durch das Augenmaß den Raum zwischen I und dem nächsten Punkt, zwischen diesem und der Zahl 2 u. s. f., so hat man die Stelle, um die man immer den Arm des Trabanten fortrückt, um ihn um eine Stunde oder um $4\frac{1}{4}°$ weiter zu bringen. — c) Der 3te Trab. durchläuft in 1 St. $2\frac{1}{10}°$. Dieß ist von III aus bis zu dem Buchstaben E durch die Zahlen 12 und 24 und dazwischen gesetzte Punkte, deren Abstand man wieder in Gedanken halbiren muß (denn dadurch kommen Zwölftel, oder Theile von $2\frac{1}{10}°$ heraus) angegeben. Ueber E hinaus stehen bloß die Zahlen 36, 48 ff. — d) Der 4te Trab. legt in 1 St. nur 54′ (noch keinen Grad) zurück, welches man durch gehörige Einschaltungen zwischen die von IV aus gesetzten Zahlen 12, 36, 60 ꝛc. und die zwischen diesen befindlichen Punkte ungefähr abmessen muß.

Vermittelst dieser Angaben läßt sich die geocentrische Stellung der Trabanten, wenn man von einer für eine gewisse Nacht bereits gegebenen ausgeht, *) so, wie sie in der nächsten Nacht zu derselben Zeit, oder wie sie nach 1, 2, 3 St. ꝛc. Statt findet, anschaulich darstellen; oder man kann bestimmen, wenn ein gewisser Trabant vor oder hinter dem

*) Zu Bode's astron. Jahrbüchern ist die Stellung der Trabanten für jede Nacht, wo 24 zu sehen ist, und für eine gewisse Stunde derselben abgebildet.

♃ weggehen, wenn er in den Schatten ein-, oder aus demselben austreten wird u. s. w.

§. 62.

Zur genauern Darstellung der Finsternisse der Trabanten muß man die Glaskugel nebst dem Lampenträger O (Fig. 1.) abnehmen und das kleine Lämpchen auf dem in L einzusetzenden Holzstück Fig. 9. aufstecken, weil die Erleuchtung durch die Glaskugel den Schatten des Jupiters in geringer Entfernung hinter ihm matt und undeutlich macht. Auch muß eine kleinere Kugel, etwa Nr. 5., als Jupiterskugel aufgesteckt werden, weil der Schatten einer größern zu breit hinterwärts ausläuft. — Läßt man nun die Erde nach und nach um die Sonne gehen (Jupiter rückt während eines solchen Umlaufs nur durch den 12ten Theil des Thierkreises), so stellen sich, wenn man immer von der kleinen Erdkugel aus nach dem ♃ und seinen Monden hinsieht, folgende Erscheinungen in Hinsicht der Finsternisse, übereinstimmend mit den am Himmel sich wirklich zeigenden dar: a) Wenn die Erde sich in ☌ mit ♃ (also zwischen diesem und der Sonne) befindet, so werden, weil der Schatten dem Auge durch den ♃ verdeckt wird, die Monde gar nicht verfinstert, sondern sie verschwinden nur, und zwar ganz nahe am rechten Rande des ♃, weil sie sich hinter dem Körper des Planeten selbst verbergen, und werden ganz nahe am linken Rande wieder sichtbar, wenn sie sich gleichsam von der Scheibe des ♃ ablösen. — b) Wenn die Erde in den Quadraturen sich befindet, wo sie also am weitesten seitwärts vom ♃ steht, so zeigen sich die Verfinsterungen der Trabanten, nämlich sowohl der Anfang als das Ende (Ein- und Austritte) derselben, am deutlichsten, indem diese schon in einiger Entfernung von der Scheibe des ♃ in dessen Schatten plötzlich verschwinden oder aus demselben hervorkommen. — c) Zwischen den Conjunctionen und den Oppositionen ereignen sich die Ein- und Austritte um so näher bey der Scheibe des ♃, je geringer die Entfernung der Erde von jenen beyden Stel-

lungen ist. — d) Vor der ☌, wenn die Erde rechts vom ♃ steht, werden die Trabanten an der rechten oder westlichen Seite desselben, nach der ☌ aber, wenn die Erde links vom ♃ steht, an der Ostseite desselben verfinstert. — e) Beym 3ten und 4ten Trabanten kann man, wegen ihrer weiten Entfernung vom ♃, in den Quadraturen beydes, ihren Eintritt in den Schatten und ihren Austritt beobachten. *)

§. 63.

Die Phänomene des Saturnusringes.

(A. LB. §. 120 bis 123.)

Es wird die aus einem Stücke gearbeitete messingene Vorrichtung acde Fig. 30. auf dem Holzaufsatze abc Fig. 17. über V (Fig. 1.) aufgesetzt. Auf die Axe de (Fig. 30.) bringt man die Saturnuskugel (Nr. 7. der Holzkugeln), die mit einem lakirten, durch eine schwarze Kreislinie in zwey concentrische Streifen getheilten Blechreifen in der Fläche ihres Aequators umgeben ist, welcher den Doppelring des ♄ vorstellt. Wäre die Axe des ♄, oder einer der Pole desselben gerade gegen unser Auge gekehrt, so würden mir den Ring, dessen Durchmesser sich zu dem des Planeten nahe wie 7 zu 3 verhält, **) nach seiner ganzen

*) Beym 2ten Trab. ist diese Beobachtung am wirklichen Himmel ein seltener Fall; beym ersten tritt er nie ein. Bey diesem sieht man vor der ☌ bloß den Eintritt, indem der Austritt vom ♃ bedeckt wird, weil die Gesichtslinie von der Erde nach dem Trabanten die Scheibe des Planeten trifft. Nach der ☌ ist es umgekehrt; man sieht bloß den Austritt, indem der Eintritt von dem Körper des ♃ verdeckt wird.

**) Die Abmessungen der Saturnuskugel und des aus zwey concentrischen Reifen bestehenden Ringes (der, so wie jene, in etwa $10\frac{1}{2}$ St. rotirt; A. LB. S. 214. f.) sind nach neuern Beobachtungen und Berechnungen in geogr. Meilen diese: der Durchmesser des Planeten selbst = 16770 M.; der Durchmesser des äußern Ringes = 40565 M.; der Durchmesser des innern Ringes = 36671 M.; die Breite des äußern Ringes = 1379 M., des innern = 3935 M.; leerer Raum

Fläche und vollkommen kreisrund, von dem Körper des ♄ überall durch einen gleich großen dunkeln Raum abgesondert, wie in Fig. 31., erblicken. Die Axe des Saturnus, dessen Laufbahn gegen die Fläche der Erdbahn nur um den Winkel von $2\frac{1}{2}^{\circ}$ geneigt ist (S. 60.), steht aber schräg gegen unser Auge, indem sie den Winkel c d e (Fig 30.) = 60° (eigentlich $31\frac{1}{3}^{\circ}$) mit der Ekliptik (diese kann als parallel mit c d angenommen werden) macht. Die Ringfläche, so wie die Ebene des Aequators f g des ♄ ist also um 30° gegen die Ekliptik geneigt. Daher erscheint uns der Ring nicht kreisrund, sondern in der Gestalt einer Ellipse, die sich, weil jener während des fast 30 jährigen Umlaufs des ♄ um die Sonne sich immer selbst parallel bleibt, bald verengert, bald erweitert, bald in eine bloße Linie verwandelt. Der Parallelismus des ♄-Ringes (so wie der ♄-Axe) wird an der Maschine dargestellt, wenn man die Schnur X (Fig. 1.) um den untersten Riefen von K und V spannt, und nun den Arm F F um die Sonne, zu der man die erleuchtete Glaskugel nimmt, herumführt. Die Erde wird (als Kugel Nr. 6.), wie in §. 59., über K (Fig. 1.) auf dem Mondarme angebracht und gebraucht.

§. 64.

Man richte die Axe d e (Fig. 30.) so, daß das nördliche Ende e (also auch der Nordpol n des ♄) über 18° ♊, und das südliche Ende d (also auch der Südpol s) über 18° ♐ des gehörig aufgelegten Thierkreises (des Reifens No. 2.) liege, oder daß eine durch e d c gelegte Ebene die Ekliptik in den gedachten Punkten schneide. Dieß ist die wirkliche, aus der Sonne gesehene, Lage der ♄-Axe. Die Punkte, in welchen die Ringebene durch die Ekliptik geht, oder die Knoten des Ringes, fallen demnach in 18° ♌ und 18° ♍; welches die wahre heliocentrische Lage

zwischen beyden Ringen = 568 M.; Raum zwischen ♄ und dem innern Ringe = 6016 M. Die Dicke oder Schärfe des Ringes ist sehr unbedeutend, vielleicht 100 bis 120 M.

der Knotenlinie ist. Dort (in 18° ♓) ist der niedersteigende (☋), hier der aufsteigende Knoten (☊) des Ringes *) Läßt man nun, durch Fortschieben des Armes FF, den ♄ mit unveränderter Lage seiner Axe (nach §. 63.) um die Sonne gehen, so zeigen sich, von dieser aus gesehen (die geocentrischen Erscheinungen sind in der Hauptsache dieselben), folgende Phänomene: a) Steht ♄ in 17° ♓ **), so befindet er sich in dem ☋ des Ringes. Die erweiterte Ebene des Ringes geht also durch die Sonne (zerschneidet diese in zwey gleiche Hälften); der Ring wird nur seiner geringen Dicke nach von der Sonne erleuchtet und kann daher nur als eine äußerst feine Linie, wie in Fig. 32., erscheinen. ***) — b) Rückt ♄ durch ♈ und ♉, so fängt die Sonne an die südliche Fläche des Ringes zu erleuchten, welche sich immer mehr gegen unser Auge erhebt, so daß der nördliche Theil des Ringes vor der Kugel des ♄ über und der südliche hinterhalb derselben unter dem Mittelpunkte liegt. — c) In 18° ♊, oder 90° vom ☋, ist jene Erhebung am größten und die Ellipse des Ringes ist am weitesten geöffnet, wie in Fig. 33., so daß der längste Durchmesser (der horizontale) sich zum kürzesten etwa wie 100 zu 52 verhält. Der Nordpol des Ringes ist von der Sonne ab-, der Südpol aber derselben zugewendet. — d) Von hier aus nimmt die Breite des Ringes wieder durch ♋ und ♌ ab. In 18° ♍ geht dessen Ebene wieder (wie bey a) durch die Sonne und er verschwindet abermals, Fig. 34. —

*) Hat man den ♄ etwa in ☉ ♈ gestellt, daß also, wenn man sich an der Südseite der Maschine befindet, der ♄ nach Osten, die Sonne nach Westen hinsteht; so geht, von der Sonnenkugel aus betrachtet, der Ring von der Linken zur Rechten aufwärts.

**) Man erlangt diese Stellung (so wie die folgenden), wenn man den Arm FF (Fig. 1.) so richtet, daß der Drath E unten bey D gerade über dem angegebenen Punkte der Ekliptik (des aufgelegten und nach §. 11. gerichteten Reifens No. 1.) liegt; oder daß der Zeiger z auf den gegen über liegenden Punkt des Thierkreises weiset.

***) In mäßig vergrößernden Fernröhren ist er bey dieser Lage, die Erde sey auf ihrer Bahn wo sie wolle, gar nicht zu sehen.

e) Nunmehr fängt die Sonne an die nördliche Seite des Ringes nach und nach immer mehr zu erleuchten, *) so wie ♄ in der ♎ und dem ♏ fortrückt; der Ring wird also wieder sichtbar, indem sich unser Auge über dessen Ebene nördlich erhebt. — f) In 18° ♐ ist der Ring wieder am weitesten offen, nach Fig. 35. Der Nordpol ist nun vor und der Südpol hinter der Kugel; daher steht der nördliche Theil des Ringes jenseits über und der südliche diesseits unter dem Mittelpunkte des ♄. — Endlich g) wird er nach und nach enger, je mehr der ♄ im ♑ und ♒ fortrückt **) u. s. w.

Zur wirklichen Beobachtung dieser Erscheinungen am Firmament muß man sich eines guten achromatischen (wenigstens $2\frac{1}{2}$ füßigen) Fernrohrs bedienen. Mit diesem wird man auch den Schatten, welchen der Ring seitwärts auf die Kugel des Planeten wirft, so wie den Schatten des letztern auf den Ring (die gegenseitige Verdunkelung verschiedener Theile des ♄ und seines Ringes während der ganzen Umlaufszeit wird auch an der Maschine vortrefflich versinnlicht) deutlich wahrnehmen. Den dunkeln Streifen aber auf der breiten Ringfläche, welcher durch den zwischen dem äußern und dem innern Ringe befindlichen leeren Raum entsteht, (man s. den ♄-Ring an der Maschine) kann man nur durch sehr vollkommene achromatische Sehewerkzeuge oder durch Spiegelteleskope erkennen.

*) Der Erleuchtungswechsel des Ringes geschieht also immer nach 15 Jahren. Eine so lange Zeit ist entweder nur die südliche oder die nördliche Fläche von der Sonne beschienen; oder es hat jede der beyden Flächen während des 30 jährigen Umlaufs des ♄ 15 Jahre Tag und 15 Jahre Nacht.

**) Ueberhaupt zeigt sich der Ring in seiner größten Oeffnung, wenn ♄ bey den Sternen zwischen dem Scorpion und Schützen (denn die gleichnamigen Zeichen und Sternbilder des Thierkreises sind jetzt fast um 30° auseinander; A. LB. §. 50.) oder bey den Sternen an den Hörnern des Stiers erscheint. Am letztgenannten Orte (oder im Zeichen der ♊) wird ♄ im nächsten Jahre (1824) stehen, und sich dann mit seinem Ringe wie in Fig. 33. oder in der etwas größer gezeichneten Fig. 36. dem bewaffneten Auge darstellen.

Taf. I.

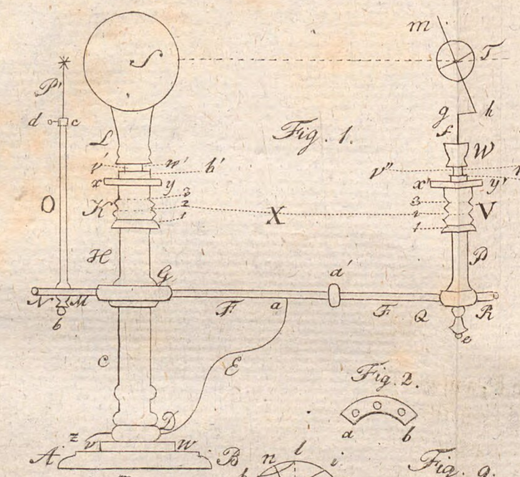


Fig. 1.

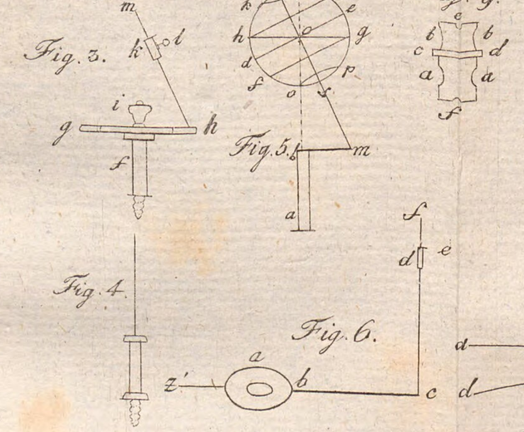


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17. Juni.

Fig. 18. a. Septemb.

Fig. 19. Decemb.

Fig. 20. Maerz.

Fig. 21.

Fig. 22

Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 27.

Fig. 28.

Fig. 29.

Fig. 30.

Fig. 31.

Fig. 32.

Fig. 33.

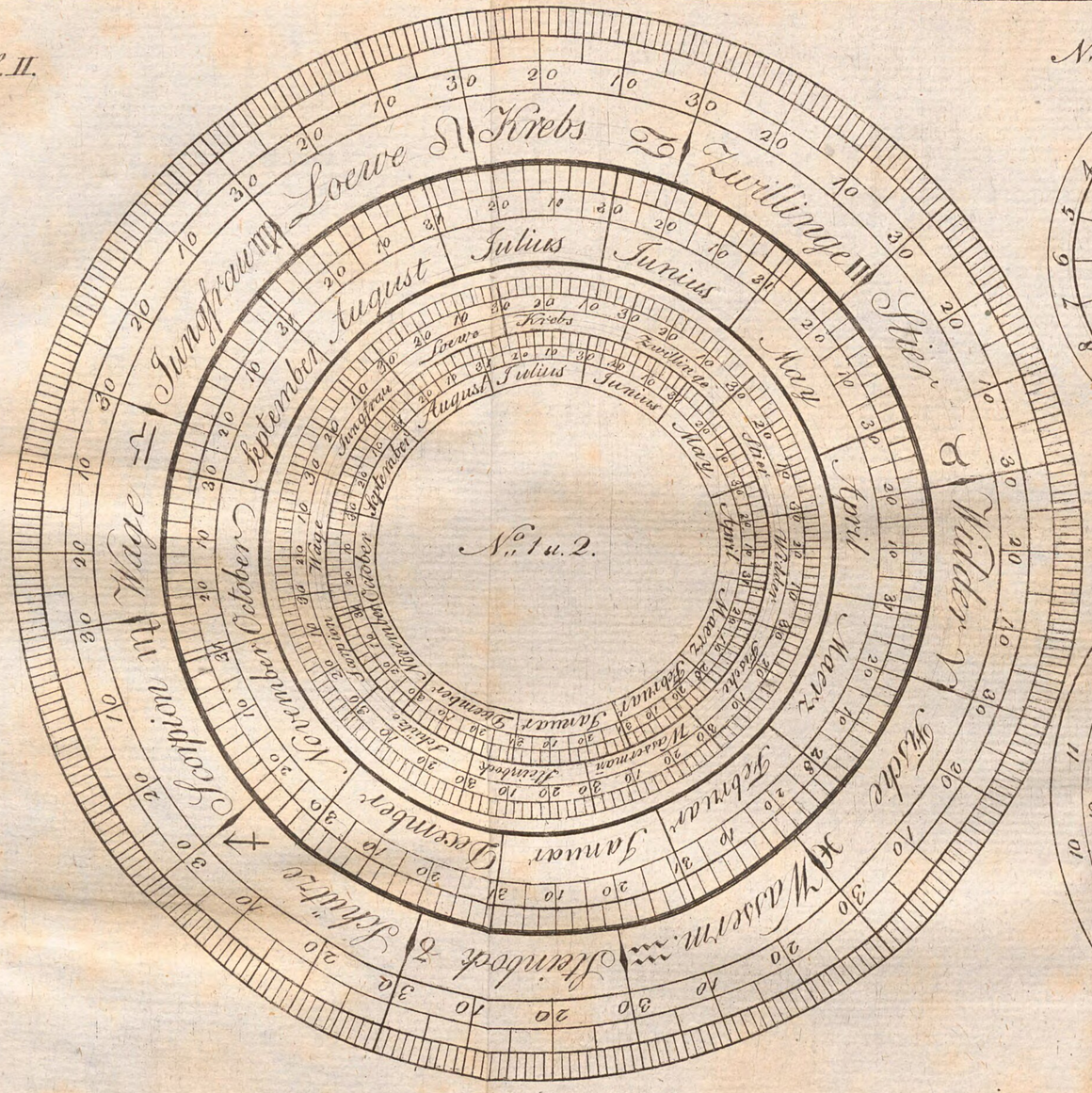
Fig. 34.

Fig. 35.

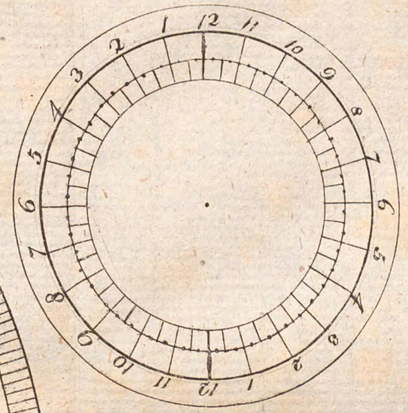
Fig. 36.

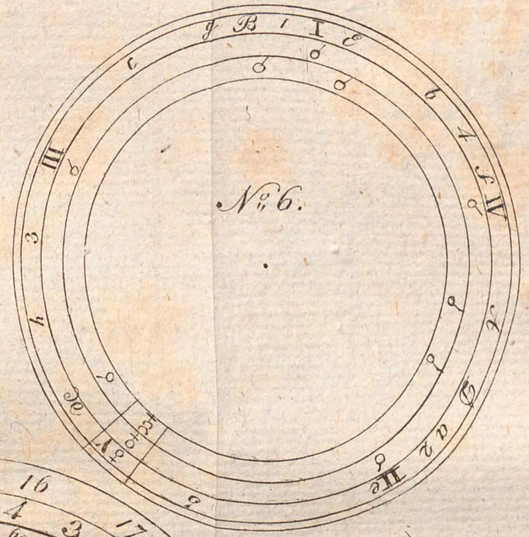
1824.

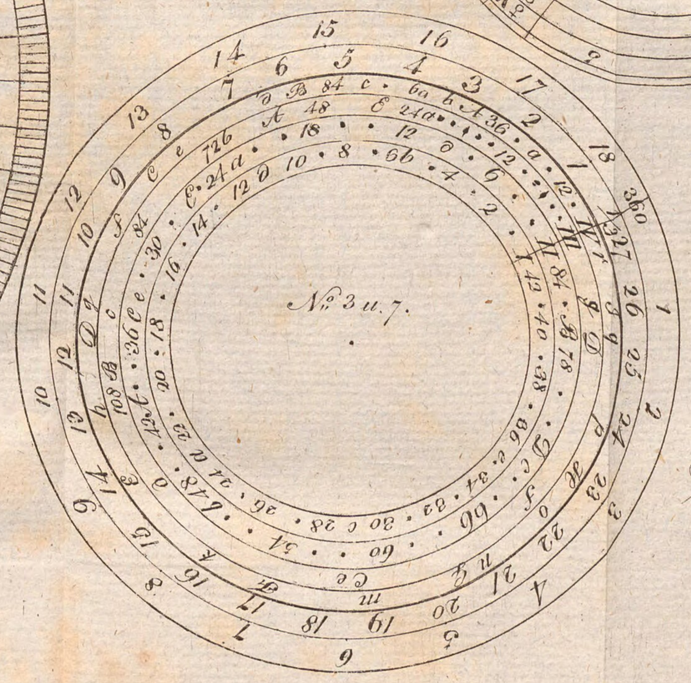
Taf. II.

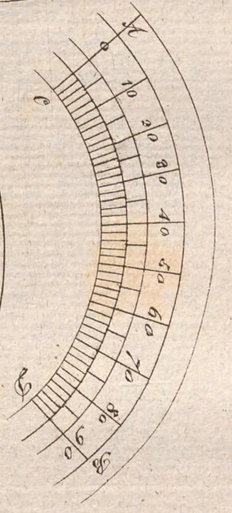

Löwe
Krebs
Zwillinge
Jungfrauw
Julius
Junius
Stier
Wage
August
May
Widder
Scorpion
September
April
Schütze
October
Steinbock
Wassrm.
November
Fische
December
Januar
Hornung
Merz
Aprill
May
Junius
Julius
August
September
October
November
December
Januar
Hornung
Merz
Aprill
Löwe
Krebs
Zwillinge
Stier
Wage
Jungfrauw
Scorpion
Schütze
Steinbock
Wassrm.
Fische
Widder
№ 1 u. 2.

№ 5.




№ 6.


№ 3 u. 7.


№ 4.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schulze, Gottlob Leberecht

Lehrbuch der Astronomie für Schulen und zum Selbst-Unterricht für gebildete Naturfreunde mit deutlicher Beschreibung der vorzüglichsten astronomischen Instrumente, Beobachtungsmethoden und Versinnlichungswerkzeuge

Leipzig 1821

Astr.u. 184 g
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10061143-6